Jornadas sobre investigación y didáctica en ESO y Bachillerato

Experiencias docentes y estrategias
de innovación educativa para la enseñanza
de la Biología, la Geología, la Física y la Química

Marisa González Montero de Espinosa
Alfredo Baratas Díaz
Antonio Brandi Fernández
(Editores)

SANTILLANA

Introducción

El *II Congreso de Docentes de Ciencias: Jornadas sobre investigación y didáctica en ESO y Bachillerato* ha continuado el camino que emprendió el primero y ha realizado una nueva revisión de la enseñanza científica y el aprendizaje escolar en el ámbito de la Secundaria. Esta segunda edición ha intentado, sin embargo, ser más ambiciosa que la anterior, ya que se ha enfrentado a nuevos retos y ha ampliado el círculo de disciplinas científicas. Así, se ha adentrado en dos materias diferentes, la Física y la Química, que se suman a la Biología y la Geología, que fueron las protagonistas en 2010.

El simposio, celebrado del 19 al 21 de abril de 2012, ha sido organizado por el Colegio de Ciencias del Colegio Profesional de la Educación, las Facultades de Biología y Geología de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), la Editorial Santillana y el Grupo de Investigación EPINUT, vinculado a la UCM. También han colaborado, de forma muy activa, el Colegio Oficial de Biólogos de la Comunidad de Madrid (COBM), la Real Sociedad Española de Química (RSEQ), la Real Sociedad Española de Física (RSEF), el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MNCYT), la Real Sociedad Española de Historia Natural (RSEHN), la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) y el Colegio Oficial de Físicos (COFIS).

Estas jornadas tenían como objetivo debatir y reflexionar sobre la tarea diaria dentro del aula, mejorar el nivel de la educación científica en nuestro país, actualizar la docencia de las cuatro materias involucradas y adecuarla a las nuevas tecnologías y, por último, intercambiar ideas y vivencias entre profesionales de la enseñanza de las ciencias. El encuentro ha resultado sumamente enriquecedor –como puede comprobarse en la lectura de estas actas– porque en él se han mostrado determinadas experiencias realizadas en las aulas, se han expuesto una serie de propuestas para motivar al alumnado y se han presentado múltiples recursos que, estamos seguros, resultan sumamente idóneos para perfeccionar el aprendizaje de las designadas como Ciencias de la Naturaleza.

Los congresistas han sido, por un lado, profesores de Biología, Geología, Física y Química de ESO, Bachillerato y Universidad y, por otra parte, representantes de instituciones científicas y miembros de entidades que habitualmente realizan actividades de formación del profesorado y apoyo a su labor educativa. Dentro de esta interrelación de docentes de diversos niveles y procedencias hay que señalar que este último simposio ha contado con mayor número de participantes que su antecesor. El alto número de ponencias presentadas (sesenta en total, procedentes de diversas comunidades autónomas españolas) rebasó las expectativas de los organizadores, que tuvieron que distribuirlas cuidadosamente en los tres días que tenían previamente estipulados. Este hecho forzó a recortar el tiempo de la mesa redonda titulada «Otros ámbitos educativos en la enseñanza de las ciencias», que estaba planificada para el último día. Igualmente el número de matriculados, muy superior al de la primera edición (alrededor de doscientos), hizo que los coordinadores se vieran obligados también a cambiar el lugar elegido para la clausura, por problemas de aforo. Por todos estos motivos está previsto que la próxima convocatoria, que tendrá lugar en 2014, aumente su duración.

En estas líneas es justo resaltar la rigurosa labor realizada por el Comité Científico, constituido por Pilar Calvo de Pablo (RSEHN), Juan de Dios Centeno (UCM), Ángel Ezquerra Martínez (UCM), Ángel Herráez Sánchez (UAH), María Dolores Marrodán Serrano (UCM), Carmen Monge García-Moreno (RSEHN) y Paloma Varela Nieto (UCM), que han supervisado todos los trabajos que aparecen en este libro de actas. Por último, es también obligatorio expresar un sentido agradecimiento a todos los participantes que con su trabajo, experiencia, entusiasmo y dedicación a su actividad docente e investigadora han conseguido el alto nivel científico y didáctico de este simposio. En resumen, por todo lo anteriormente expuesto, esperamos volver a encontrarnos nuevamente en 2014, en el III Congreso de Docentes de Ciencias.

El Comité Organizador,

Marisa González Montero de Espinosa
Alfredo Baratas Díaz
Antonio Brandi Fernández

ORGANIZAN:

Colegio Profesional de la Educación de la Comunidad de Madrid (CDL).
Facultad de Biología de la Universidad Complutense de Madrid (UCM).
Editorial Santillana.
Grupo de Investigación «Epinut» de la UCM.

COLABORAN:

Colegio Oficial de Biólogos de la Comunidad de Madrid (COBCM).
Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG).
Real Sociedad Española de Historia Natural (RSEHN).
Facultad de Geología de la Universidad Complutense de Madrid (UCM).
Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).
Colegio Oficial de Físicos (COFIS).
Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MUNCYT).
Real Sociedad Española de Física (RSEF).
Real Sociedad Española de Química (RSEQ).

COMITÉ CIENTÍFICO:

Pilar Calvo de Pablo (Real Sociedad Española de Historia Natural).
Juan de Dios Centeno (Univ. Complutense de Madrid, Facultad de Geología).
Ángel Ezquerra Martínez (Univ. Complutense de Madrid, Facultad de Educación).
Ángel Herráez Sánchez (Univ. de Alcalá de Henares).
María Dolores Marrodán Serrano (Univ. Complutense de Madrid, Facultad de Biología).
Carmen Monge García-Moreno (IES Palomeras - Vallecas y Real Sociedad Española de Historia Natural).
Paloma Varela Nieto (Univ. Complutense de Madrid, Facultad de Educación).

COMITÉ ORGANIZADOR:

Marisa González Montero de Espinosa
IES Santa Eugenia.
Coordinadora del Seminario de Biología, Geología, Física y Química del Colegio Profesional de la Educación.
Grupo de Investigación de UCM «Valoración de la condición nutricional en las poblaciones humanas» (www.epinut.ucm.es).

Alfredo Baratas Díaz
Vicedecano de Posgrado y Extensión Cultural, Facultad de Ciencias Biológicas, UCM.

Antonio Brandi Fernández
Director Editorial de Santillana.

ÍNDICE

Introducción 3

Conferencia inaugural 11

Máster de formación del profesorado de Enseñanza Secundaria (MFP) en la UCM: situación actual y propuestas de mejora

Pilar Calvo de Pablo, José Luis Olmo Rísquez 13

Ciencia 2.0: aplicaciones docentes de las TIC 21

Si la presa evoluciona, el depredador también

Ángel Bardasco 23

Astroatocha. Callejeando por los cielos de Madrid

María del Rosario Fernández, Silvia Docampo, Marina Gude y Pilar Ballesteros 27

La aplicación del TIFF piramidal para la enseñanza de la Biología en Secundaria y Bachillerato

Ana García Moreno, José María Hernández de Miguel, Benito Muñoz Araujo, Javier Camilo Barriga Bernal 35

Modelización en 2D y 3D para la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza en Secundaria y Bachillerato

Ana García Moreno, Javier Camilo Barriga Bernal, Valentín Buencuerpo Arcas, Blanca Cifuentes Cuencas, Ignacio García Más, María de los Ángeles Gómez Flechoso, Elena Moreno González De Eiris, María Teresa González Jaén, Pilar López González-Nieto, José María Hernández de Miguel, Vanessa Jiménez Ortega, Rafael Lahoz Beltrá, María Victoria López-Acevedo Cornejo, Benito Muñoz Araujo, Concepción Ornosa Gallego, Raimundo Outerelo Domínguez, Pablo Refoyo Román, Eduardo Ruiz Piña, Antonio Tormo Garrido, María Ángeles Vázquez Martínez 41

Diseño y análisis de trabajos fuera del aula y actividades TIC preparatorias para la enseñanza de Ciencias de la Naturaleza en la Enseñanza Secundaria. Aplicación al Parque Natural de Peñalara

Antonio Manrique Campaña 45

Jugando a la evolución en el ordenador

Rafael Lahoz-Beltrá 55

La realidad aumentada en la enseñanza de la Biología y de la Geología

José Luis Olmo Rísquez, Pilar Calvo de Pablo 63

Efectos de la contaminación del suelo en plantas de cultivo: experiencias docentes de transversalidad e incorporación de las TIC para escolares españoles y dominicanos

María Jesús Gutiérrez-Ginés, Ángel Mínguez, Ana J. Hernández 71

El uso de las TIC en la enseñanza/aprendizaje de la Geología: utilización de Google Earth en el tema del relieve terrestre

Ainhoa Pérez-Liébana, David Blanco-Miranda 81

HydraMars: una sencilla herramienta visual para realizar cálculos hídricos de canales abiertos (en la Tierra y Marte)

Antonio Molina Jurado, Miguel Ángel de Pablo Hernández 89

La ciencia más allá de la teoría: prácticas de laboratorio y otras experiencias 99

El diseño de pequeñas investigaciones como metodología didáctica de las ciencias

Beatriz Martín Castro, Ana María Vacas Rodríguez 101

Inquire: un futuro sostenible a través de la indagación

Alicia Fernández Rodríguez, Marina Ferrer Canal, Blanca Olivé de la Puente, María Bellet Serrano 111

Volunteer Peten: experiencia de un programa educativo de Ciencias en una zona rural de Guatemala

Sergio Llorente Chico 121

«Aprendiendo a realizar e interpretar tablas y gráficas». Cinemática fuera del aula y del laboratorio

María Araceli Calvo Pascual 129

Reactivo de Lugol: historia de su descubrimiento y aplicaciones didácticas

Manuela Martín Sánchez, María Teresa Martín Sánchez, Gabriel Pinto Cañón 137

Una experiencia emocionante, didáctica y motivadora: física en un parque de atracciones

Fernando Ignacio de Prada Pérez de Azpeitia, José Antonio Martínez Pons 145

Innovación en educación basada en el gusto, el placer por la alimentación y los conceptos básicos de nutrición

M.D. Cabañas Armesilla, L. Martín Rubio, P. Campos Martín, C.A. Hartwick, L. Moreno Aznar, N. López Egea 159

El huerto escolar: un enfoque transversal y multidisciplinar para desarrollar competencias

José Cantó Doménech, Amparo Hurtado Soler, Valentín Gavidia Catalán 169

La divulgación de la Geología como recurso didáctico para la enseñanza de la Geología: Geolodía 2011 en Valladolid

Jaime Delgado Iglesias 179

Investigando el medio marino en el III finde científico

Andrés de la Peña Delgado, José Luis Gutiérrez Berrendero, Rafael Miguel Maroto Gamero. 187

Experiencias educativas en el CFA «La Chimenea»: role-play «congreso de buenas prácticas ambientales»

Anna Céspedes Dupuy, María del Mar Ruiz-Calero Bote, Ana María Salcedo Polo 197

Centro de formación ambiental «La Chimenea». Nuestra oferta educativa

María del Mar Ruiz-Calero Bote, Anna Céspedes Dupuy, Ana María Salcedo Polo. 205

Ecología urbana: un reto para la sostenibilidad

Rosario Morán Cuadrado. 215

Cómo promover la cultura medioambiental en los ciclos formativos mediante la utilización de recursos no formales

Amparo Hurtado Soler, José Cantó Doménech, Valentín Gavidia Catalán. 223

Experiencias educativas en el CFA «La Chimenea»: estudio de impactos ambientales en una gravera. Matriz de Leopold

Anna Céspedes Dupuy, María del Mar Ruiz-Calero Bote, Ana María Salcedo Polo 231

La mochila del carbono

María Concepción Márquez Ruiz de Lira 241

Prácticas de Biología aplicada: estudio de tiburones

José María Espinosa Gutiérrez, Ana Vanessa Hernández Rodríguez, Patricia Sánchez-Villacañas Pérez 247

La ciencia en el aula: materiales y experiencias **253**

La fotosíntesis en los manuales universitarios de fisiología vegetal

Irene Angosto Sánchez 255

Ciencia a diario

Belén Fernández Sánchez, Ángel Ezquerra Martínez, María Ángeles Arillo Aranda 265

Competencias escolares en promoción de la salud

V. Gavidia Catalán, J. Cantó Doménech, A. Hurtado Soler y A. Carratalá Beguer 273

Apoyo y refuerzo educativo. De una experiencia pionera en la Enseñanza Primaria a sus posibilidades en la Secundaria

Juan Manuel Gigorro Fernández, Esteban Maciques Sánchez. 281

Analogías frecuentes acerca del circuito eléctrico: reflexión de profesores noveles

Juan José Marrero Galván, José Fernández González 287

¿Cómo preparar la enseñanza de la electricidad?

Juan José Marrero Galván, José Fernández González 295

La monografía en el Bachillerato Internacional como experiencia docente

Carlos J. Martín Blanco, Sofía Martín Nieto 301

La vida cotidiana en la enseñanza de la Química y de la Física

Gabriel Pinto Cañón, Manuela Martín Sánchez, María Teresa Martín Sánchez. 309

Didáctica del Reino de los Protistas en la Educación Secundaria

Filomena del Rocío Martín Chaparro 319

Los progresos de la ciencia y su presencia en la educación **325**

La importancia de los polímeros en la educación de las ciencias: actividades de divulgación para su enseñanza

Natalia Mayordomo, Thais Carmona, Janire Peña-Bahamonde y María José González-Álvarez. 327

Un estudio Delphi para descubrir cómo intensificar, mejorar y popularizar la cultura científica en los alumnos de Secundaria y Bachillerato

Elena Charro, Ángela Gómez-Niño, Susana Plaza, Yolanda Padilla 335

Bioinformática en el aula: construcción de árboles filogenéticos a partir de bases de datos moleculares

M. López García 341

Presente y futuro investigador en un mismo laboratorio

Karina Boltes Espínola y José María Valle Marcos 351

Proyecto Bioenglish I: mejora del nivel de inglés científico en la asignatura de Biología en 4.º de ESO

José María Espinosa Gutiérrez, Ana Vanessa Hernández Rodríguez y Patricia Sánchez-Villacañas Pérez 359

Conferencia inaugural

Máster de formación del profesorado de Enseñanza Secundaria (MFP) en la UCM: situación actual y propuestas de mejora

Pilar Calvo de Pablo

Profesora de Enseñanza Secundaria de Biología y Geología y profesora asociada del Máster de Secundaria en la especialidad de Biología y Geología por la Universidad Complutense
pcalvo@bio.ucm.es

José Luis Olmo Rísquez

Profesor de Educación Secundaria del IES «Guadiana» en Villarrubia de los Ojos y profesor asociado del Máster de Secundaria en la especialidad de Biología y Geología por la Universidad de Castilla-La Mancha
jlorisquez@yahoo.es

Palabras clave: Formación del profesorado, formación del profesorado de Secundaria, centros de secundaria, MFP.

Keywords: Teachers training, Secondary Teachers Education, secondary school teachers, MFP.

Resumen

La adaptación de las universidades españolas al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) –conocido popularmente como proceso de Bolonia– dio el «empujón definitivo» para que la Ley Orgánica de Educación, 2/2006, de 3 de mayo (CAPÍTULO III), en su artículo 100, fijara los requisitos para la formación inicial del profesorado. De acuerdo con ellos, se implantó el Máster de Formación del Profesorado, desde el curso 2009-10. Después de varias décadas criticando la insuficiente formación pedagógica y didáctica de los profesores de Secundaria, por fin se ha sustituido el Certificado de Aptitud Pedagógica (CAP), cursillo de apenas unos meses, por un Máster de un año (MFP), para satisfacción de los que han luchado por él. Esto es algo que, después de 39 años de intentos fallidos, generó bastantes expectativas en unos e incredulidad en otros.

Abstract

The concurrence of Spanish Universities to the European Higher Education Area (EEES) –popularly known as Bologna Process– gave the «definitive push» forward the Organic Education Law, 2/2006, the 3rd Mai (Chapter III) in the article 100, pointed out the requirement for the initial training teacher. In accordance with them, the current Master on Teacher Training in Secondary Education, was set down during the 2009-2010 school year. After several decades criticizing the insufficient pedagogical and didactic formation of the secondary teachers, finally the Certificate of Pedagogical Aptitude (CAP), short course of hardly months, has been replaced by a Master of a year (MFP), for the complacency of those

that have fought by him. This is something that, after 39 years on bankrupt attempts, generated rather expectations in ones and doubt in others.

1. UN MÁSTER PARA UNA PREPARACIÓN COMPLETA DE LOS NUEVOS PROFESORES

Según la LOE[1,2], para acceder a una plaza de profesor de Secundaria, tras la obtención de un título de grado, se deberá cursar un Máster de carácter profesionalizador como requisito para el ejercicio de la profesión docente.

En los tres cursos que este nuevo Máster ha llevado a cabo, es cierto que algunos aspectos están lejos de satisfacer las demandas formativas para lograr la excelencia: las condiciones nada favorables de una puesta en marcha caracterizada, en muchos casos, por la precipitación, la anteposición de intereses economicistas y corporativistas a los criterios de idoneidad en la asignación de la docencia, la difícil organización del Prácticum, el escaso tiempo para la realización del Trabajo Fin de Máster y, finalmente, pero no menos importante, la ausencia generalizada de las necesarias inversiones.

Sin embargo, este Máster ha sido concebido –y así ha de ser planteado– para contribuir a la necesaria renovación de la enseñanza. Ser profesor en el siglo XXI en cualquiera de los niveles de la docencia, pero singularmente en los ámbitos de la Educación Secundaria y preuniversitaria, en los que principalmente se fraguan las personalidades de los estudiantes, supone, por lo tanto, reunir un complejo y variado conjunto de habilidades, de capacidades, de dominios técnicos, de recursos, de conocimientos, de estrategias, imprescindibles para hacer frente a estas exigentes demandas de formación de los futuros ciudadanos y trabajadores[3].

Entre las capacidades que debe reunir un buen docente destacan estas:

- El exhaustivo dominio de sus respectivas disciplinas científicas, es decir, el profundo conocimiento del currículum, pero también la capacidad para adaptarlo al entorno en el que se desenvuelve la enseñanza.
- La habilidad para diseñar y programar la propia labor docente, así como para aplicar a la realidad del aula el resultado de esta programación.
- La puesta en práctica de estrategias metodológicas diversas y novedosas, acordes con la realidad de su alumnado y la suya propia.
- La permanente actualización de contenidos, sistemas, recursos y técnicas didácticas.
- El estudio, análisis y profundización en los aspectos «relacionales» de la educación, referentes al clima emocional de las clases, a las dinámicas de motivación del alumnado, al establecimiento de óptimos ámbitos de convivencia y a la solución de conflictos en el aula.
- La participación activa y la positiva implicación en la vida de los centros educativos y en la relación con las familias y el entorno.

2. ¿CÓMO SE HA ABORDADO LA ADQUISICIÓN DE ESTAS HABILIDADES?

La duración establecida para el Máster es de un año y consta de sesenta créditos. La preparación del futuro docente se ha diseñado en torno a tres módulos –en cada uno de los cuales se adquieren diferentes competencias– subdivididos a su vez en materias o asignaturas.

---

[1] BOE 4 de mayo de 2006, núm.106. *Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación*.

[2] El Máster quedó regulado en el capítulo IV del *Real Decreto 1393/2007 de 29 de octubre* y desarrollado en la *Orden Ministerial 3858/2007 de 27 de diciembre*. BOE, 19 de diciembre de 2007.

[3] VILCHES, A. y GIL, D. (2010). Máster de formación inicial del profesorado de enseñanza secundaria.

a) Módulo genérico (un mínimo de 12 ECTS)

El módulo de formación genérica lo cursan todos los alumnos sin distinción de especialidad (en la UCM hay 15 especialidades que agrupan a todas las posibles licenciaturas, aunque el Máster habilita para presentarse a cualquiera de las especialidades). Su finalidad última es proporcionar a los futuros docentes de una formación psicopedagógica básica, imprescindible y común a todos los profesores de Secundaria, así como proporcionarles un conocimiento exhaustivo del funcionamiento del sistema educativo español, darles pautas que les permitan mejorar la convivencia y resolver problemas en el aula y realizar aportaciones que les capaciten para responder a los diferentes intereses y capacidades de sus alumnos.

<table>
<tr><th colspan="6">MÓDULOS</th></tr>
<tr><th colspan="2">GENÉRICO</th><th colspan="2">ESPECÍFICO</th><th colspan="2">PRÁCTICUM</th></tr>
<tr><th colspan="2">12 ECTS</th><th colspan="2">30 ECTS</th><th colspan="2">18 ECTS</th></tr>
<tr><td colspan="2">MATERIAS</td><td colspan="2">MATERIAS</td><td colspan="2">MATERIAS</td></tr>
<tr><td>Aprendizaje y desarrollo de la personalidad</td><td>4 ECTS</td><td>Complementos para la formación disciplinar</td><td>15 ECTS</td><td>Prácticas en centros</td><td>12 ECTS</td></tr>
<tr><td>Procesos y contextos educativos</td><td>4 ECTS</td><td rowspan="2">Enseñanza y aprendizaje de las materias correspondientes e Innovación docente e iniciación a la investigación educativa</td><td rowspan="2">15 ECTS</td><td rowspan="2">Trabajo Fin de Máster</td><td rowspan="2">6 ECTS</td></tr>
<tr><td>Sociedad, familia y educación</td><td>4 ECTS</td></tr>
</table>

b) Módulo específico (un mínimo de 24 ECTS)

Está estructurado según las especialidades. Se expone, a modo de ejemplo, el que corresponde a la asignatura de Biología y Geología en la UCM:

<table>
<tr><th colspan="4">Biología y Geología</th></tr>
<tr><th>Materia</th><th>ECTS</th><th>Asignatura</th><th>ECTS</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Complementos para la formación disciplinar</td><td rowspan="3">15</td><td>Complementos de Biología (sólo para los procedentes de Geología)</td><td>10</td></tr>
<tr><td>Complementos de Geología (sólo para los procedentes de Biología)</td><td>10</td></tr>
<tr><td>Papel social de la Biología y de la Geología</td><td>5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Aprendizaje y Enseñanza de la Biología y de la Geología</td><td rowspan="2">10</td><td>Didáctica de la Biología</td><td>5</td></tr>
<tr><td>Didáctica de la Geología</td><td>5</td></tr>
<tr><td>Innovación Docente e Iniciación a la Investigación Educativa</td><td>5</td><td>Investigación, Innovación y Diseño Curricular en la Didáctica de la Biología y la Geología.</td><td>5</td></tr>
</table>

c) Prácticum (un mínimo de 16 ECTS con el TFM)

Este módulo –desarrollado en los centros de Secundaria, Bachillerato y Ciclos Formativos– debe tener una consideración especial según la ANECA[4] (Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acredita-

[4] ANECA (2011). Sobre la implantación del Máster Universitario de Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas. ANÁLISIS DE SITUACIÓN Y PROPUESTAS DE MEJORA. Recuperado el 15 de junio de 2012 de http://www.didactica-ciencias-sociales.org/posgrado_fitxers/Informe_Master_Secundaria-ANECA.

ción): las prácticas son una de las materias más importantes del plan de estudios. En este sentido, el Prácticum ha de ser realmente el eje vertebrador del curso, ya que en relación con él se debe ordenar y coordinar toda la propuesta formativa. Los diferentes períodos de prácticas deberían cumplir así la triple función de verificar, evidenciar y contrastar las competencias adquiridas a lo largo del curso. Asimismo, este módulo incluye a la finalización del mismo un Trabajo de Fin de Máster (TFM).

Las competencias que deben adquirirse con el Prácticum son las siguientes:

- Adquirir experiencia en la planificación, la docencia y la evaluación de las materias correspondientes a la especialización.
- Acreditar un buen dominio de la expresión oral y escrita en la práctica docente.
- Dominar las destrezas y habilidades sociales necesarias para fomentar un clima que facilite el aprendizaje y la convivencia.
- Participar en las propuestas de mejora en los distintos ámbitos de actuación a partir de la reflexión basada en la práctica.

A continuación, voy a hacer un mayor hincapié en este módulo, ya que es la parte compartida con los profesores de los IES y la que nos parece presenta mayores carencias en el momento actual.

3. Aprender a ser profesor: la estructura del prácticum

Los resultados obtenidos a partir de las memorias del Prácticum hacen evidente que, para los estudiantes del Máster, es la parte formativa la que les permite conocer las características reales de la profesión, desarrollar los conocimientos y comportamientos útiles para la acción docente y, sobre todo, comprobar si serán capaces de desempeñar dicha profesión, si se ven y conciben como docentes en un futuro más o menos próximo.

La identidad profesional se construye, sin duda, compartiendo espacios, tiempo, situaciones, roles, ideas, sentimientos y valores acerca de la profesión. Esto, que puede ser teóricamente comprensible, es muy complejo en la práctica porque el pensamiento del profesor está mediado por sus creencias sobre la enseñanza, por el ciclo de vida profesional en el que se halla, por su apertura a las influencias recíprocas que recibe y aporta a otros profesores, por su formación permanente y por la importancia de la formación inicial que recibió. De ahí que la misma organización de las prácticas tenga que propiciar el encuentro –con la consiguiente fijación de criterios comunes– entre el estudiante, el tutor de prácticas del IES y el tutor universitario[5].

Según la orden ECI/3858/2007, de 27 de diciembre (BOE 29/12/2007)2, cada alumno permanecerá en el Centro el mismo horario que su tutor/a de prácticas docentes, entre 20 y 25 horas semanales, habitualmente en horario de mañana. Además de la observación y la participación en las diversas actividades del centro y del aula, el alumno impartirá entre 15 y 30 horas de clase en una materia de su elección y especialidad, de acuerdo siempre con sus dos tutores. Sobre esa materia elaborará la unidad didáctica que debe presentar en la **Memoria de Prácticas** (primera fase de construcción de las competencias profesionales propias del título).

Las prácticas en el centro tienen una duración de entre de 9 a 12 semanas según las autonomías. En el caso de la UCM se organizan en dos periodos:

---

[5] MARTÍNEZ TRUFERO, B. (2010). El prácticum en el IES Azarquiel: reflexiones de una experiencia educativa. En el DVD del 1.er Congreso estatal sobre el Máster de formación de profesores. Toledo. Recuperado el 12 de julio de 2012, de http://redesformacion.jccm.es/congreso/.

Primer Periodo (la tercera semana durante el mes de enero).

Esta etapa está planteada para que el alumno conozca la realidad cotidiana del aula/departamento así como los diferentes aspectos vinculados con estos, se aproxime al contexto social y organizativo del centro. El coordinador de prácticas del centro educativo es el encargado de guiar a los estudiantes durante este primer periodo.

Segundo Periodo (desde primeros de marzo a mediados de mayo).

En este periodo el alumnado deberá reflexionar tanto sobre los conocimientos que adquiere en el centro educativo de E. Secundaria, como sobre las aportaciones teóricas y prácticas obtenidas en los restantes módulos del Máster.

Sin embargo, otras universidades[6] establecen diferentes periodos en los centros. Una alternativa razonable es la que distingue tres periodos:

- De **observación**: se centra en el conocimiento del centro (al principio del curso o durante dos semanas de enero). El alumno, además de la primera toma de contacto, conocerá la organización y funcionamiento del Centro, el proyecto Educativo, la Programación General Anual, programación de los Departamentos, informaciones varias sobre asuntos tratados en diversos Claustros previos, calendario escolar, diversas órdenes y decretos básicos.
- De **intervención acompañada**: consiste en acompañar al tutor en el ejercicio de su actividad docente y hacer intervenciones concretas en el aula, con su apoyo y supervisión (dos semanas de duración).
- Y de **intervención autónoma**: el alumno planifica la unidad didáctica que va a impartir (resto del periodo en los centros) y, en consecuencia, tomará las decisiones que correspondan para gestionar el aula.

Esta temporalización parece más lógica que la de solo una primera semana de introducción en los centros, por lo que debería ser uno de los aspectos a replantearnos.

La ley establece que a partir de sus experiencias el alumno realizará su **memoria de prácticas**. Se trata de un trabajo escrito en el que presentará con detalle la actividad que ha desarrollado en el centro educativo durante los dos periodos de sus prácticas docentes, así como su análisis. La memoria será evaluada por el tutor de la universidad.

La evaluación será continua y, además de la memoria, incluirá:

- Evaluación formativa realizada por el profesor tutor del centro escolar.
- Evaluación formativa llevada a cabo por el tutor de la universidad, que deberá visitar al menos tres veces al alumno en el centro, una de ellas como observador de las sesiones de clase impartidas por el alumno en prácticas.

Para estas evaluaciones existen plantillas de calificación cuantitativas y cualitativas muy bien establecidas.

En algunas autonomías, el alumno realiza un diario de prácticas, en el que registra de manera puntual, exhaustiva y sin límite en su extensión, la experiencia vivida, las observaciones realizadas, así como las oportunas valoraciones de los hechos, situaciones y circunstancias experimentados. Se trata de ir recogiendo anotaciones, durante o tras las sesiones escolares, sobre los aspectos más relevantes que ha suscitado su actividad a lo largo de las prácticas. Con su exigencia se pretende favorecer la actividad reflexi-

[6] Santa Isabel, María C. (2010). Implantación del Máster, normativa y desarrollo. En el DVD del 1.er Congreso estatal sobre el Máster de formación de profesores. Toledo. Recuperado el 12 de julio de 2012, de http://redesformacion.jccm.es/congreso/descarga/universidades.html.

va e investigadora del estudiante, pues «llevar» un diario obliga a pensar sobre lo vivido y a sistematizar el fruto de esa reflexión.

Además, se realizan, para los alumnos, dos seminarios de reflexión docente durante el periodo de prácticas.

Por último, en cuanto a la asistencia, la ley determina al menos el 80% de presencialidad en el módulo genérico, en el específico y en las prácticas externas. La UCM cambió esta normativa el curso pasado siendo ahora la obligatoriedad del 65 %. Creemos que las características peculiares de este Máster, requisito para ejercer como docente, hacen ineludible que la asistencia sea de obligado cumplimiento sin subterfugio alguno.

4. La importancia de los tutores

Se precisa, por otra parte, reconocer debidamente la tarea de los centros y, muy particularmente, de los coordinadores y tutores que van a acoger a los estudiantes del Prácticum, así como posibilitar su más estrecha cooperación con los profesores universitarios responsables de tutorar el Prácticum.

Este módulo puede convertirse también en un instrumento de formación permanente para los tutores, a la vez que de formación inicial para los futuros profesores. Precisamente, mostrar la necesidad y ventajas de una formación permanente ha de constituir uno de los objetivos del Máster: una formación permanente a lo largo de toda la vida laboral concebida como un trabajo colectivo de investigación e innovación[7].

Este es el apartado con mayor heterogeneidad según las comunidades e incluso las universidades. El Ministerio de Educación ha marcado las directrices del Máster, pero cada autonomía ha marcado un desarrollo significativamente distinto. Por eso, cada comunidad desarrolla sus propias pautas para elegir los institutos y los profesores que tutelarán el trabajo en las aulas de los alumnos del Máster.

En Madrid, los representantes de Secundaria adscritos a la UCM defendieron la concesión de créditos de formación, por parte de la CAM, a los profesores tutores en los IES. La retribución económica, dada la situación actual de deuda de la UCM, parecía lejana, por lo que la petición de 3 créditos de formación era una compensación razonable.

Las negociaciones con la Comunidad de Madrid no dieron fruto al no considerarlo como formación permanente del profesorado, lo que entra en contradicción con un trabajo de investigación e innovación educativas: si el docente se implica en la tarea didáctica del tutorando y en las destrezas de otra generación renovará sus estrategias metodológicas y su bagaje encontrará relevo.

En otras universidades públicas, como la Rey Juan Carlos o la Carlos III, se retribuye a los tutores, mientras que la Complutense ofrece una mera acreditación. Otras comunidades, como Castilla-La Mancha, Asturias o Valencia, incluyen incentivos económicos para los tutores y los institutos.

5. Trabajo de Fin de Máster (TFM)

El Trabajo Fin de Máster consiste en un trabajo original de inicio en la investigación e innovación educativas integrado en alguna de las líneas propuestas por cada una de las especialidades y/o áreas de conocimiento implicadas. Este trabajo se realizará al final del máster y se entrega al tutor de la universidad que da su aprobación para presentarlo ante un tribunal que lo evaluará.

---

[7] MANZANARES, A. (2010). Aprender a ser profesor en el Prácticum: la importancia de los tutores. En el DVD del 1.er Congreso estatal sobre el Máster de formación de profesores. Toledo. Recuperado el 12 de julio de 2012, de http://redesformacion.jccm.es/congreso/.

Las líneas de Trabajo/Investigación propuestas en la UCM para el curso 2011-2012, que se adaptarán a cada una de las especialidades –excepto Orientación Educativa–, son las siguientes:

- La adquisición de competencias básicas por parte de los escolares.
- Diseño y elaboración de actividades para la construcción por los escolares de competencias de cada especialidad del Máster.
- Diseño y aplicación de instrumentos para la evaluación de las competencias básicas de los escolares, propias de cada especialidad del Máster.
- Diseño y/o análisis y/o evaluación de materiales educativos.
- Réplicas de investigaciones/innovaciones educativas.
- Diseño de instrumentos para la obtención de información sobre aspectos del proceso de enseñanza–aprendizaje en el aula.
- Estudio de ejemplos de transposición didáctica de contenidos propios de cada especialidad.
- Elaboración de trabajos teórico-prácticos acerca del diseño y análisis de situaciones de enseñanza para la Educación Secundaria.
- Análisis epistemológicos de contenidos de las materias escolares desarrollados durante el periodo de prácticas.
- Diseño y desarrollo de materiales y actividades para alumnos de educación compensatoria.

La experiencia de los cursos que hasta ahora se han desarrollado indica que el TFM supone un trabajo excesivo. Además, existe el problema de una posible desconexión entre el tema de su investigación educativa y su práctica docente en el instituto. Por otro lado, al dejar el alumno el centro de prácticas antes de que acabe el curso, no llega a alcanzar una visión global, que le proporcionaría la fase de la tercera evaluación con la valoración final de los alumnos.

6. Aspectos mejorables del máster actual

Tras la exposición anterior, podemos concluir enumerando algunos aspectos mejorables del actual Máster de Formación del Profesorado:

– Se han encontrado escasísimos ejemplos de actividades interdisciplinares realizadas mediante la colaboración de profesorado de distintas asignaturas. Habría, en consecuencia, que organizar un espacio de tiempo «interdisciplinar» en el que se abordaran los temas que son comunes, aunque se trabajen desde distintas perspectivas.

– Se deberían especificar los mecanismos de coordinación docente tanto interna entre módulos, como externa con el profesorado de Secundaria de los centros de prácticas[8].

– Además, habría que atender a las posibles carencias de formación disciplinar inicial de acceso al Máster, pues podrían afectar al eficaz desarrollo de la formación pedagógica y didáctica que se centra en unos conocimientos y referentes curriculares específicos.

– Con respecto a los créditos dedicados a los módulos genérico y específico, habría que plantear una diferenciación por especialidades. Los complementos de la asignaturas dobles (Bio-Geo, Física-Química, Lengua-Literatura…) deberían ampliar el número de créditos. Estos complementos siempre deben estar referidos a las materias de Secundaria propias de la especialidad docente, no de la especialidad académica universitaria.

[8] Gutiérrez González, J.M. (2011). La Formación Inicial del Profesorado de Secundaria. Del CAP al Máster. *TRIBUNA ABIERTA, CEE Participación Educativa*, 17, pp. 96-107.

– Es importante, tal como se contempla en las disposiciones reguladoras del Máster, la incorporación efectiva de los profesores de Secundaria en ejercicio, articulando fórmulas que le permitan una plena dedicación al curso: profesor asociado, profesor en comisión de servicios.
– Parece existir un sentimiento bastante generalizado de que debería ampliarse el número de créditos dedicados al Prácticum para mejorar la formación de los futuros docentes en contextos reales de enseñanza. También debería ampliarse el tiempo previsto para la realización del TFM.
– Por último, los alumnos critican la falta de coordinación entre módulos y asignaturas y también que sus contenidos resultan demasiado teóricos en relación con la práctica. Para que ello no ocurra, se debería procurar una mejor interconexión entre los diferentes módulos y asignaturas, así como con el contexto educativo donde se han de aplicar. Por tanto, parece más acertado que, al menos desde la visita de enero al centro de prácticas, las enseñanzas de las materias didácticas se relacionaran, en alguna medida, con el contexto real del centro educativo.

7. ¿UN NUEVO PROYECTO SEMEJANTE AL MIR? EL PIR

En una situación como la actual de crisis, con una mínima convocatoria de plazas, los jóvenes graduados con ganas de entrar en las aulas ven sus aspiraciones bloqueadas porque, aunque su nota sea de aprobado, nunca conseguirán una plaza si esta se concede a las puntuaciones más altas en las que pesa sobre todo la antigüedad. El sistema hace que estas personas sin experiencia se queden en la lista de interinos y, al final, hagan una especie de «MIR obligado y autónomo» hasta que consigan la antigüedad que les permite obtener la plaza.

Parece que lo coherente sería establecer un MIR docente (algo así como un PIR). En una primera fase se realizaría una selección del personal de acuerdo con su especialidad académica y didáctica. Sin embargo, como dice Gimeno Sacristán, catedrático de didáctica, esta fase sería como entregar un plan de vuelo, pero no nos demostraría todavía si el candidato saben volar, por lo que se haría necesaria una segunda fase, también eliminatoria, con un periodo de prácticas extensivo y continuo en los centros (al menos de un curso), en el que los aspirantes estarían acompañados y tutelados por dos profesores-tutores (del propio centro y de la universidad). Esta fase serviría para su adiestramiento profesional, acompañado por la reflexión, para conjugar el conocimiento teórico con el práctico y analizar cómo provocar el aprendizaje relevante en los diferentes tipos de estudiantes.

Retomando las áreas que señalábamos al principio como integrantes de la formación del profesorado, quizás sea el componente práctico el que se ha quedado más olvidado en el actual sistema y que el posible PIR debería dar relevancia. Es una dimensión básica, si tenemos en cuenta que de nada serviría un profesor con una excelente formación científica y pedagógica e incluso un gran dominio de las estrategias de intervención en la práctica, si no tiene la voluntad de aplicarlas adecuadamente. De poco sirve que sepa y sepa hacer, si no quiere hacer.

Muchas preguntas aparecen en el horizonte: si el supuesto PIR sería remunerado para los aspirantes o no, si sería remunerado para los tutores o supondría una reducción en su jornada, si habría centros elegidos para tales prácticas o sería más idóneo que sea cualquier centro el que reciba profesorado… En cualquier caso, parece claro que la vivencia real acercaría a los aspirantes a lo que va a ser su desarrollo profesional, generándose así una cierta autoselección. Y por supuesto, la «puesta en escena» sería decisiva para verificar al buen docente.

Ciencia 2.0: aplicaciones docentes de las TIC

Si la presa evoluciona, el depredador también

Ángel Bardasco

Profesor y responsable del Proyecto 2.0
Colegios Ramón y Cajal – Madrid
angel.bardasco@rcajal.es

Introducción

Para enseñar algo a alguien, primero tenemos que ganarnos el privilegio de poder enseñarles y para ganarnos este privilegio, tenemos que entrar en su mundo. Para atraer a alumnos del siglo XXI la metodología debe ser acorde a ellos. Si viven en un mundo digital, porque son nativos digitales, nosotros no podemos quedarnos estancados en la tiza y en la pizarra. La única forma de conseguir que nuestra asignatura resulte muy interesante a nuestros alumnos es lograr que esté enmarcada dentro de este contexto digital que les resulta tan atractivo. Primero fueron las páginas webs, luego los blogs y ahora las redes sociales; no sabremos qué vendrá en unos años, pero necesitamos adaptarnos a lo que en ese momento usen nuestros alumnos.

Abstract

To teach something to somebody, first of all, we have to obtain the privilege of being able to teach them and to obtain this privilege, we have to enter their world. To attract XXIst century students, the methodology must be appropriate to them. If they live in a digital world, because they are native digitally talking, we can't be stuck in the chalk and blackboard. The only way of getting that our subject turns out interesting to our students is to achieve that our subject to be framed into a digital context which is sexier for them. First, there were websites, second the blogs, now social networks. We don't know what's next but we need to adapt ourselves to what our student use.

1. Ponencia

Durante mi carrera como docente, he tenido el privilegio de poder usar desde el principio muchas herramientas digitales y la aceptación por parte de mis alumnos ha sido y es muy buena. No es necesario tener un ordenador en el aula para ser un docente digital, se trata de una relación con nuestros alumnos que va más allá del aula. Y algo muy importante, no supone más trabajo, todo lo contrario, facilita nuestro trabajo cuando aprendemos a usar todas las herramientas digitales (que es más sencillo de lo que parece).

Hay que tener en cuenta que durante 60 segundos, en Internet se están enviando más de 168 millones de e-mail, se están subiendo 600 nuevos vídeos en YouTube, publicando 1.500 post en blogs, 98.000 men-

sajes Twitter y más de medio millón de comentarios Facebook (Fuente diario panorama.com). Tenemos que preguntarnos si podemos vivir al margen de esto y al mismo tiempo resultar interesantes a nuestros alumnos.

Trabajando en un mundo digital estamos actualizados para nuestros alumnos; es decir, hablamos «el mismo idioma» que ellos. Además, podemos crear juntos el entorno de aprendizaje (trabajo cooperativo).

Nos podemos encontrar distintas herramientas digitales para trabajar de esta forma:

PÁGINAS WEBS

Las páginas webs que tuvieron una gran importancia a finales del siglo XX y principios del XXI son simplemente una forma más de dar información a nuestros alumnos, no tienen realmente interactividad y por lo tanto solo pueden resultarles interesantes a la hora de buscar información, pero no van a tener más atractivo que un libro de texto.

Desde mi punto de vista, el lugar por excelencia gratuito para crear una página web sería google sites (https://sites.google.com).

BLOGS

Los blogs tuvieron una gran importancia en el 2001 cuando realmente se produjo una explosión que fue en aumento hasta el 2006. Hoy en día no se usan tanto como las redes sociales. Tienen la ventaja de que no es necesario que el alumno cree una cuenta para poder interactuar, lo que facilita su uso. El profesor puede ir colgando información interesante tanto del temario de la asignatura como de cosas relacionadas con él pero que no se fuesen a explicar en clase, y que pueden despertar un gran interés en nuestros alumnos pudiendo participar en él dejando comentarios (ya tenemos una interactividad).

Blogger (www.blogger.com) sería mi elección para crear un blog gratuito.

WIKIS

En las wikis vamos a poder editar el contenido por varios autores, gracias a esto podemos crear un entorno virtual cooperativo de aprendizaje.

Wikispace (www.wikispaces.com/) sería mi elección para crear wikis gratuitas.

FOROS

Los foros nos aportan una magnífica herramienta de debate sobre determinados temas que pueden mantener a nuestros alumnos informados y suscitar su interés. Puede sernos de mucha utilidad para debatir temas propuestos en el aula.

En lugar de crear un foro gratuito (hay cientos de posibilidades), lo ideal es hacerlo dentro de una plataforma virtual educativa tipo moodle.

REDES SOCIALES

A nuestros alumnos les «cuesta» acceder a cualquiera de las herramientas expuestas anteriormente, ellos tienen que entrar voluntariamente cada vez que quieran ver si ha cambiado algo. Las redes sociales, hoy en día, son el entorno principal de comunicación que usan nuestros alumnos, nos permiten que si trabajamos en su entorno, van a poder acceder a la información que nosotros les pongamos sin tener que realizar ningún esfuerzo por su parte ya que no tienen que acceder voluntariamente a nuestra he-

rramienta virtual, automáticamente cuando entren en su red social, van a ver las novedades que queramos exponerles sobre nuestra asignatura. Esto nos permite un gran dinamismo y asegurarnos de que cualquier novedad que colguemos en internet la van a poder ver nuestros alumnos sin necesidad de «acceder» a ella.

Lo ideal sería usar la red social que usen nuestros alumnos, principalmente Facebook o Twitter, pero si trabajamos con alumnos menores de 14 años, podemos solucionarlo bien haciendo un blog o bien usando una red social educativa como por ejemplo Edmodo (www.edmodo.com) y Twiducate (www.twiducate.com).

Moodle

Las herramientas anteriores nos permiten aportar información más que poder evaluar a nuestros alumnos. Moodle es un entorno educativo virtual que nos va a permitir crearnos un libro virtual y poder colgar actividades que evaluemos. Podemos crear *links* entre las redes sociales y nuestra plataforma para que los alumnos accedan rápidamente a los ejercicios que queramos colgar. Moodle, además, nos permite poder crear foros evaluables con facilidad, páginas webs con información y un gran tipo de actividades que pueden hacer nuestros alumnos.

Para crear una plataforma moodle gratuita elegiría milaulas (www.milaulas.com).

Cloud Computing

Sistemas como google docs u office 360 (evolución de live@edu) nos permiten trabajar colaborativamente con nuestros alumnos, acceder y crear documentos de texto, hojas de cálculo, presentaciones,… sin tener instalado un programa en nuestro ordenador, es decir, haciéndolo desde la nube. Además, podemos compartir un documento y trabajarlo entre varias personas, las posibilidades de todo esto para nuestros alumnos, tanto dentro como fuera del aula, son casi infinitas.

Todas estas herramientas nos permiten hacer algo más que comunicarnos con nuestros alumnos e interactuar con ellos y es construir un trabajo de forma cooperativa, ya que cada uno va a aportar al grupo información y distintos puntos de vista que pueden sernos y serles de utilidad. Los blogs, las redes sociales y moodle nos permiten esta interactividad en su conjunto, no es necesario renunciar a alguna de ellas, se pueden usar todas simultáneamente. Está demostrado que nuestros alumnos aprenden más cuando se explican las cosas entre ellos, si juntamos el aprendizaje cooperativo en nuestro aula con esta cooperatividad en la construcción de nuestras herramientas virtuales podemos conseguir lo más importante, un gran interés de nuestros alumnos por la asignatura, lo que garantizará un mejor aprendizaje.

ASTROATOCHA. CALLEJEANDO POR LOS CIELOS DE MADRID

María del Rosario Fernández, Silvia Docampo, Marina Gude y Pilar Ballesteros

Colegio Salesianos Atocha. 28012, Madrid.
ballesteroslorenzana@gmail.com

Palabras clave: Wiki, herramientas web 2.0, astronomía, itinerarios guiados, Madrid.

Keywords: Wiki, web 2.0 tools, astronomy, guided tours, Madrid.

Resumen

ASTROATOCHA nace de la voluntad de aunar en un mismo espacio objetivos de diferentes materias que integran el currículo de bachillerato y de crear una actividad que suponga la presencia de las TIC en la cotidianeidad del aula.

El tema principal de esta iniciativa se centra en la divulgación de la Astronomía aprovechando el espacio urbano en el que crecemos y nos relacionamos. De este modo, hemos trabajado elementos correspondientes al ámbito de la historia, geografía urbana, arte, mitología, tecnología, además de las lenguas modernas y clásicas, con una finalidad común: profundizar en el conocimiento de la realidad urbana y astronómica que nos rodea a través de diferentes perspectivas.

Para este ambicioso proyecto, los Departamentos de Ciencias Naturales, Informática, Lengua Española, Lenguas Clásicas, Lenguas Modernas e Historia se han coordinado para elaborar un wiki con 141 alumnos de primero de bachillerato del Colegio Salesianos Atocha (Madrid), durante el tercer trimestre del curso 2010-2011.

La herramienta escogida nos ha permitido trabajar con dicho volumen de alumnos y entre los departamentos anteriormente citados. De este modo, los participantes no solo han aprendido a manejar herramientas Web 2.0, sino que han sido emisores del conocimiento, destacando la creatividad e implicación de cada grupo a la hora de investigar y expresar contenidos propios del currículo de Tecnologías de la Información, Ciencias para el Mundo Contemporáneo, Lengua Española, Griego, Latín, Francés, Inglés, Alemán e Historia.

Abstract

ASTROATOCHA emerges from the desire to combine the objectives of different subjects of *bachillerato* curriculum in the same web site and create an activity which implies the presence of IT in the everyday classroom.

This initiative focuses on the popularization of Astronomy taking benefit of urban space in which we grow and interact. Thus, we have worked on elements in the field of History, Geography, Arts, Mythology, Technology, and classical languages with a common purpose: to go into knowledge of urban reality and astronomical around us from different perspectives.

For this ambitious project, the Departments of Natural Sciences, Computer Science, Spanish Language, Classical Languages, Modern Languages and History have been coordinated to develop a *wiki* with 141 eleventh grade students of Salesianos Atocha College (Madrid) during the third quarter of the 2010-2011 course.

The selected tool has let us to work with such a number of students and collaborate among mentioned departments. Thus, participants not only learned Web 2.0 tools to manage, but have been issuers of knowledge, emphasizing the creativity and involvement of each group to investigate and transmit their own contents in relation to the curriculum of Information Technology, Science for the Modern World, Spanish Language, Greek, Latin, French, English and History.

1. Desarrollo

La experiencia que a continuación se presenta ha sido realizada durante tercer trimestre del curso académico 2010-2011 con los alumnos de primero de bachillerato del Colegio Salesianos Atocha (Madrid).

El total de estudiantes que han participado en esta iniciativa es de 141. Las profesoras encargadas de la actividad hemos sido cuatro, si bien, hasta cinco profesores más se han unido al proyecto en cuestión. De este modo, los Departamentos de Ciencias Naturales, Informática, Lengua Española, Lenguas Clásicas, Lenguas Modernas e Historia, han trabajado de forma conjunta con la finalidad de crear una guía turística de Madrid tomando como eje central la astronomía (*imagen 1*).



Imagen 1. Portada de Astroatocha *(FUENTE: Elaboración propia)*

La HERRAMIENTA escogida para este fin ha sido el wiki. El wiki permite trabajar de una manera individual en el proyecto, característica absolutamente fundamental en esta iniciativa, dado el número de alumnos participantes en el proyecto (141 alumnos repartidos en 28 grupos de 4 a 6 personas).

Además, aparte de ser el soporte ideal para la temática seleccionada, permite a los profesores controlar el tiempo dedicado al trabajo por parte de cada alumno, establecer un contacto directo con ellos en cuanto a consultas y correcciones, además de incluir enlaces y vídeo-tutoriales que orienten en la realización de las distintas actividades y tareas. Sin embargo, en ningún momento se pierde la idea de que se trata de un trabajo en equipo y que, como tal, también va ser evaluado puesto que es fruto del esfuerzo de cada uno de los grupos.

Podemos afirmar que una parte fundamental previa al trabajo de los grupos ha sido la ORGANIZACIÓN DE LA LABOR DE INVESTIGACIÓN, así como la coordinación entre los distintos departamentos. Así pues, se ha creado dentro del wiki un itinerario para cada clase (*figura 1*):

- 1.º A (Ciencias sociales): Ruta de las Estrellas.
- 1.º B (Ciencias sociales): Ruta de las Constelaciones Zodiacales.
- 1.º C-D (Humanidades-Ciencia y Tecnología): Ruta de los Dioses.
- 1.º E (Ciencia y Tecnología): Ruta de las Constelaciones no Zodiacales.
- 1.º F (Ciencia y Tecnología): Ruta de los Planetas, Satélites y Asteroides.

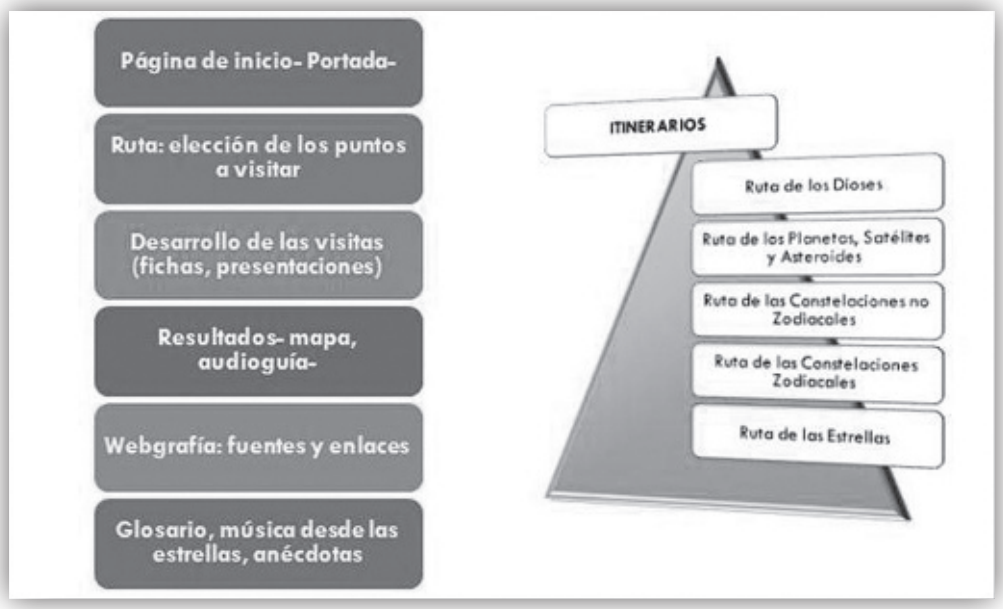


Figura 1. Distribución de los contenidos del trabajo *(FUENTE: Elaboración propia)*

Cada una de las clases ha formado grupos de 4 a 6 personas, donde uno de los alumnos ha adoptado la responsabilidad de tutor. Para representar a su grupo, el estudiante tenía que cursar Tecnologías de la Información debido a que la estructura del trabajo y las herramientas complementarias empleadas se explican y marcan desde esta materia.

Es de destacar que tan solo Ciencias para el Mundo Contemporáneo, Inglés y Lengua, son cursadas por todos los alumnos. El resto pertenecen a materias propias de modalidad (en el caso de Latín y Griego e Historia) o a optativas (como Francés, Alemán y Tecnologías de la Información). De este modo, hemos solventado las dificultades asociadas a través de vídeo-tutoriales, desde la orientación de los distintos departamentos y desde la figura del tutor.

Cada grupo ha escogido una ruta dentro de su itinerario. Esto nos ha permitido delimitar el ámbito de estudio, pero, al mismo tiempo, favorecer la autonomía y creatividad del alumnado optando por un ob-

jeto o elemento de estudio (parada) que en su conjunto ha configurado el trabajo en equipo (ruta), dentro de la clase (itinerario) (*figura 2*).



Figura 2. Organización del wiki *(FUENTE. Elaboración propia)*

Señalar que ha sido fundamental contar con el aula de Informática para trabajar con los alumnos en las distintas materias y no solo en Tecnologías de la Información. Cada profesor se ha planificado sus sesiones en función de la disponibilidad de sala y de los contenidos a tratar. Esta forma de proceder ha implicado ventajas, no solo para el alumnado, sino también para el profesorado. En este último caso, porque hemos visto facilitado el seguimiento del trabajo, de los grupos, de los problemas y de las soluciones. Respecto a nuestros estudiantes, porque se ha favorecido las reuniones del grupo, la colaboración entre ellos (y no solo dentro del mismo equipo) y la motivación de tener algo de tiempo en clase para investigar y trabajar por la propuesta.

A partir de esto, los OBJETIVOS planteados por parte de las coordinadoras del trabajo, han sido:

- Experimentar y conocer la tecnología wiki usando este espacio proporcionado por Wikispaces.
- Aproximar al alumnado a la astronomía, usando las herramientas digitales como medio de expresión y creatividad.
- Fomentar el conocimiento y la curiosidad sobre la ciudad en la que viven, desde una metodología práctica e innovadora.
- Realizar un trabajo colaborativo entre todos los alumnos de los diferentes grupos con todas sus implicaciones: saber trabajar en grupo, compartir recursos y respetar el trabajo de los otros.
- Experimentar con las herramientas que nos ofrece la web 2.0 para manipular información en todas sus expresiones: texto, fotografía, vídeo, sonido, presentaciones, enlaces, etc.
- Elaborar material de producción propia.
- Crear audioguías y textos en diferentes idiomas, favoreciendo la expresión oral y escrita en distintas lenguas.

Respecto al PROCESO DE TRABAJO, se detalla a continuación la lista de tareas, semana a semana:

Semana del 21 al 25 de marzo. Preliminares

- Presentación de la actividad a todos los alumnos y alumnas de primero en el salón de actos.
- Todos los tutores/as de cada uno de los grupos deben unirse al wiki y mandar invitaciones a sus compañeros.
- El resto de alumnos/as deben aceptar las invitaciones y unirse al wiki.

Semana del 28 de marzo al 8 de abril. ¡Nos ponemos en marcha!

- Cada alumno debe elegir el elemento de la ruta que va a estudiar, en función de la ruta asignada. Cada alumno debe responsabilizarse de la edición de un ítem, elemento, parada o visita, de manera que si son 5 alumnos en el equipo, la ruta constará de 5 puntos. Los temas de cada ruta se asignan por clases:
  - Ruta de los Dioses: **Primero CD**
  - Ruta de los Planetas, Satélites y Asteroides: **Primero F**
  - Ruta de las Constelaciones no Zodiacales: **Primero E**
  - Ruta de las Constelaciones Zodiacales: **Primero B**
  - Ruta de las Estrellas: **Primero A**
- De igual modo, a lo largo de estas semanas empieza la edición del wiki.
- Se le recuerda a los alumnos la importancia de seleccionar una buena fuente para que la información mostrada sea fiable.
- De igual modo, se le llama la atención sobre la importancia de respetar las licencias de autor e incluir al final de cada página los enlaces a las fuentes de donde han obtenido dicha información.

Semana del 4 al 8 de abril. Visita al planetario.

- Durante esta semana, los diferentes grupos asistirán a una sesión guiada en el Planetario de Madrid.

Semana del 11 al 14 de abril. ¡Fichas!

- Una vez que se ha elegido qué puntos de visita tendrá la ruta asignada, es necesario pasar a la acción. De este modo, cada integrante de un grupo debe completar la ficha con la información urbana, estelar y mitológica (en los casos que se requiera). Cada alumno se tiene que responsabilizar de su ficha, con el debido asesoramiento de su tutor de equipo.

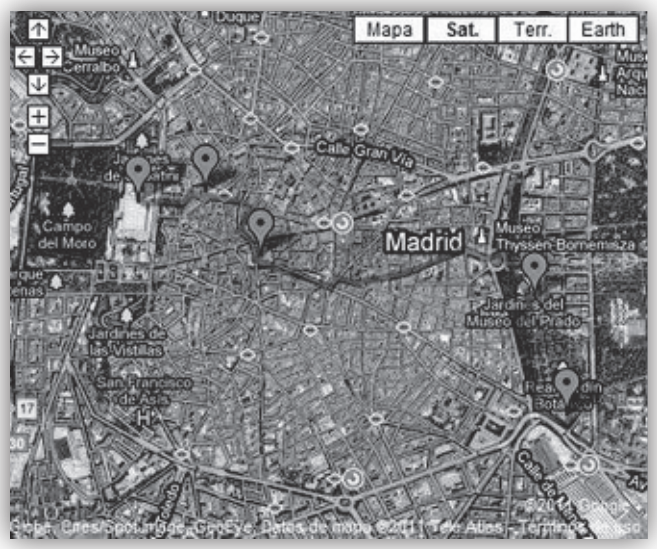


Figura 3. Mapa del grupo E1. Acceder a la ruta

Semana del 26 de abril al 2 de mayo.

- Terminar Fichas urbanísticas, científicas y, en su caso, mitológicas.
- Incluir Mapa de localización –Google Maps– (*figura 3*).

Semana del 3 al 9 de mayo.

- Visita al Museo del Prado Mitológico.
- Incluir foto propia del elemento.
- Presentación de foto.
- Texto de la audioguía.

Semana del 10 al 16 de mayo.

- Creación de la audioguía en mp3.
- Comentario en el blog de clase personal sobre las visitas al Planetario (voluntaria).
- Comentario en el blog de clase personal sobre las visitas al Prado (voluntaria).
- Entrada en el glosario (una por alumno/a y no debe repetirse).
- Entrada en la página de música de estrellas (voluntaria).

Semana del 17 al 23 de mayo.

- Entrada en la página de Anécdotas (voluntaria).
- Ficha mitológica (opcional para los alumnos/as que no tienen la asignatura de Latín o Griego).
- Traducción de la audioguía. (Inglés/Francés/Alemán).
- Elaboración de la hoja resumen de la ruta (Trabajo de grupo).

Semana del 24 al 30 de mayo.

- Creación de una portada para el trabajo del grupo usando Wix o Glogster.
- Subida de la audioguía a Audioviator.



Figura 4. Evaluación del wiki *(FUENTE: Elaboración propia)*

Semana del 30 al 3 de junio.

- Autoevaluaciones *(figura 4)*
- Co-evaluaciones.
- Evaluación final del trabajo.

Así mismo, son de destacar las INICIATIVAS desarrolladas de forma paralela al trabajo, para favorecer el interés y participación del alumnado. Por ello, se han realizado dos salidas de indudable importancia para el desarrollo de la investigación:

- **Planetario de Madrid**, visitando las exposiciones disponibles y disfrutando de una sesión de planetario en directo, que resultó fundamental para conocer los aspectos más técnicos referidos al cielo de nuestra ciudad. **Participantes:** 141 alumnos y 3 profesoras.

- **MUSEO DEL PRADO**, realizando un itinerario de las obras del Museo desde la mitología. Esta actividad animó a muchos de los alumnos de ciencias sociales y tecnología a completar la ficha voluntaria de mitología. **Participantes:** 141 alumnos y 4 profesores.
- **ASTROATOCHA RECORRE MADRID**, otra de las actividades llevadas a cabo aprovechando la celebración escolar de la patrona del Colegio, María Auxiliadora, el día 24 de mayo. El planteamiento de la actividad puede consultarse. **Participantes:** 130 alumnos y 10 profesores.

Bajo nuestro punto de vista, **ASTROATOCHA** ha sido una estupenda iniciativa. Los alumnos han sido emisores del conocimiento, no solo receptores. Se han acercado a la astronomía, creando sus propios materiales multimedia, y han tenido la autonomía para desarrollar con creatividad y opinión crítica el tema de estudio propuesto. Han trabajado asignaturas propias de modalidad u optativas favoreciendo habilidades y competencias propias de currículo de las mismas, adquiriendo gran importancia el proceso de aprendizaje y no solo la impartición de los contenidos. Los han hecho suyos y, como tal, los han divulgado.

De igual modo, se ha favorecido la normalidad digital, cualquier alumno, al margen de cursar o no Tecnologías de la Información, ha aprendido a editar en wiki, a elaborar clips de audio, de vídeo, a crear mapas *online*, entre otros. Así pues, la herramienta digital se ha visto enriquecida con la adquisición de contenidos. La difusión de la astronomía en distintas lenguas y desde varias materias se ha visto favorecida con el potente medio utilizado, el wiki.

De esta forma, todas las asignaturas han salido reforzadas a partir de la elaboración de este proyecto y nuestros alumnos han callejeado por los cielos de Madrid desde una perspectiva innovadora y práctica.

REFERENCIAS

Puede consultarse nuestro trabajo en: http://astroatocha.wikispaces.com/

A continuación, se muestran, junto a la dirección del proyecto, otros enlaces de interés pertenecientes a las direcciones de wiki, moodle y blogs de las coordinadoras de Astroatocha (*figura 5*).



Figura 5. Información sobre el trabajo *(FUENTE: Elaboración propia)*

La aplicación del TIFF piramidal para la enseñanza de la Biología en Secundaria y Bachillerato

Ana García Moreno, José María Hernández de Miguel,
Benito Muñoz Araujo, Javier Camilo Barriga Bernal

Departamento de Zoología y Antropología Física. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense. C/ José Antonio Novais, 12. 28040 Madrid.
agmoreno@bio.ucm.es, hernandezdemiguel@gmail.com,
titomu@bio.ucm.es, jbarriga@bio.ucm.es

Palabras clave: Tiff piramidal, recursos educativos, bancos de imágenes.

Keywords: Pyramidal tiff, educational resources, image banks.

Resumen

En las páginas web se dispone de infinidad de fotografías en baja resolución y pequeño tamaño a las que se puede acceder de forma rápida y sencilla, pero de baja calidad y con poco detalle. La tecnología del tiff piramidal permite disponer a través de Internet de recursos gráficos en alta resolución y gran tamaño. En este trabajo se presenta BioTiff, un Banco de imágenes que ofrece colecciones de imágenes en alta resolución relacionadas con la Biología para poder ser utilizadas en actividades docentes y divulgativas. La utilización de las imágenes contenidas en este banco es gratuita para todos aquellos proyectos docentes, investigadores o divulgativos no comerciales, incluyendo Internet.

Abstract

A large number of pictures in low resolution and small size which can be accessed quickly and easily online. Pyramidal tiff technology allows online resource available in high resolution graphics and large size. BioTiff, a bank of images that offer collections of high resolution images related to biology in order to be used in teaching and outreach activities, is presented in this work. The use of the images contained in this bank is free to all those teaching projects, or popular non-commercial researchers, including the Internet.

Introducción

El desarrollo de Internet ha permitido la difusión y el acceso a millones de fotografías que pueden ser empleadas con fines educativos. Para que las páginas web sean de fácil y rápido acceso, las imágenes se emplean en baja resolución y en formatos que permiten el tamaño más pequeño posible. Es necesario

llegar a un equilibrio entre la calidad de la imagen y el tamaño del archivo. Normalmente, la mayoría de las imágenes se disponen en formato jpg, con baja resolución de unos 78 ppp y de unos 1000 pixeles de tamaño. Estas imágenes presentan suficiente calidad para ser visionadas en Internet e incluso para poder ser empleadas en presentaciones digitales con fines educativos, pero no pueden utilizarse para su impresión en ediciones en papel o para distinguir pequeños detalles.

En la actualidad existe la posibilidad de poder generar, a través de Internet, bancos de imágenes en alta resolución en los que depositar imágenes de gran tamaño en formato Tiff piramidal. Esta tecnología es un sistema complejo en el que a partir de una imagen de alta resolución y gran tamaño se generan un conjunto de copias a diferentes resoluciones y diferentes tamaños. Cada una de las imágenes está subdividida en particiones que se guardan en formato jpg y que permiten que el visor las maneje de forma muy rápida, con diferentes niveles de zoom.

Resultados

En este trabajo se presenta BioTiff, (http://inedu.bio.ucm.es/biotiff/) un banco de imágenes, desarrollado en la Facultad de Biología de la Universidad Complutense de Madrid, que ofrece colecciones de imágenes en alta resolución relacionadas con la biología para poder ser utilizadas en actividades docentes y divulgativas (*Fig. 1*).



Figura 1. Acceso al portal http://inedu.bio.ucm.es/biotiff.

La mayoría de las imágenes han sido tomadas mediante el empleo de escáneres de alta resolución, guardadas en formato tiff, y posteriormente se han adaptado al soporte tiff piramidal.

El Banco de imágenes está organizado por colecciones, a las que se puede acceder desde un enlace en la página inicial del portal (*Fig. 1*). Una vez en la colección se tiene acceso directo a todas las imágenes que lo componen a través de miniaturas o del pie de foto (*Fig. 2*).



Figura 2. Acceso a la colección de imágenes del herbario virtual UCM-MACB 2.0.

Para visualizar cualquiera de las fotografías se pulsa el enlace y se descarga el visor tiff piramidal que nos permite navegar por la imagen (*Fig. 3*). Podemos verla en su totalidad o ampliar una zona para distinguir los detalles manejando diferentes niveles de zoom. La navegación es rápida y sencilla. En el ángulo superior izquierdo aparece una miniatura que nos indica la parte de la imagen que estamos visualizando. La alta resolución a la que se han tomado las fotos y el gran tamaño del archivo permiten poder observar pequeñas porciones de la imagen con nitided y sin que se lleguen a pixelar.

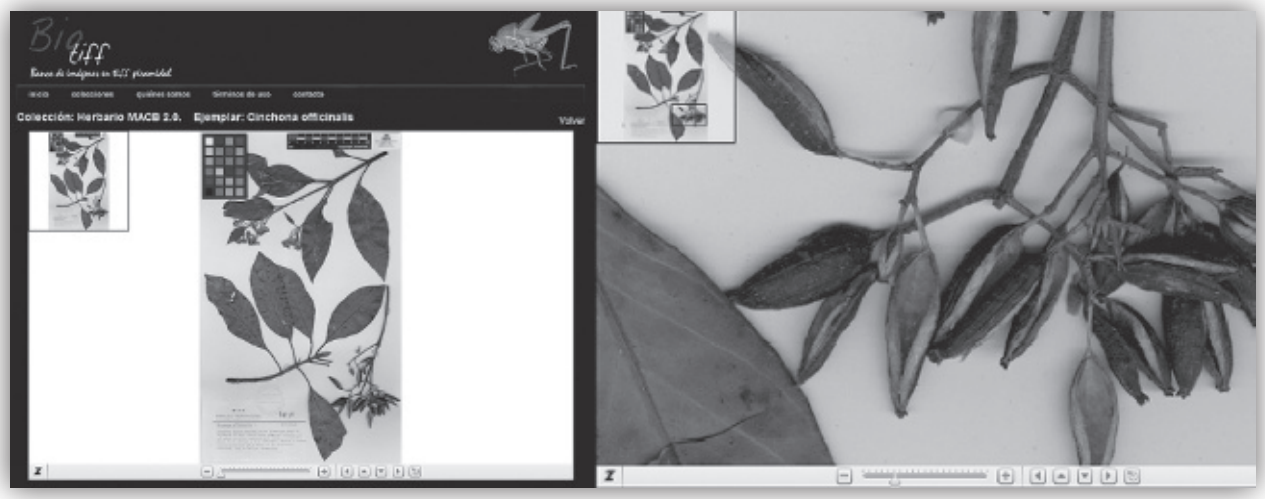


Figura 3. Visor de tiff piramidal.

En la actualidad alberga imágenes de las siguientes colecciones: herbario virtual (UCM-MACB 2.0) (http://herbariomacb.bio.ucm.es) (*Figs. 2 y 3*), semillas de plantas empleadas para consumo humano (*Fig. 4*),

imágenes escaneadas a partir de plantas vivas, colección Beltrán de Malacología (*Fig. 5*), cráneos de micromamíferos, modelos cristalográficos y la colección de Calcografías pertenecientes al Departamento de Paleontología de la Facultad de CC Geológicas que fueron utilizadas para ilustrar los trabajos y libros de Paleontología de D. Bermudo Meléndez, así como diferentes ediciones del manual de Geología de Meléndez y Fúster, y un número indeterminado de volúmenes de la publicación COL-PA (Coloquios de Paleontología).

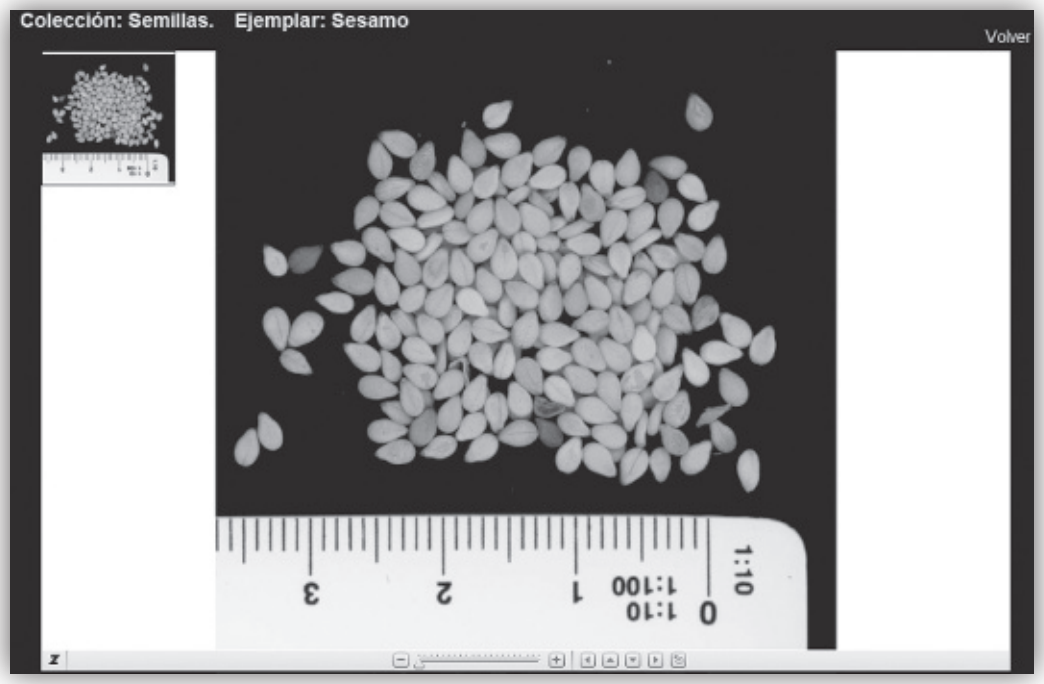


Figura 4. Colección de semillas de plantas empleadas para el consumo humano.

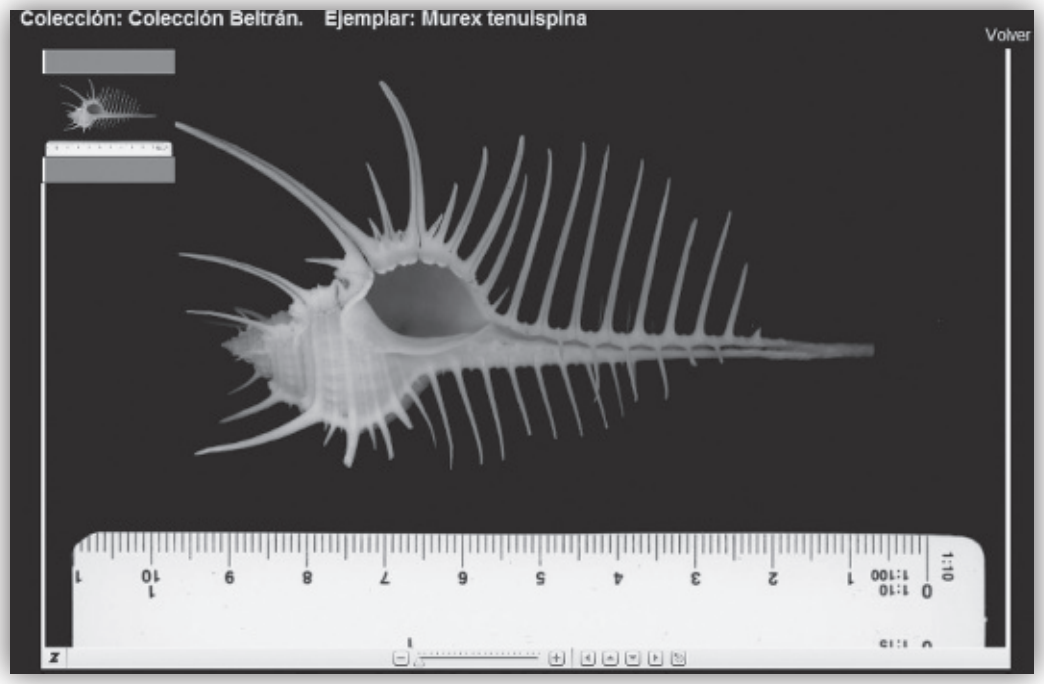


Figura 5. Imagen de *Murex tenuispina* procedente de la colección Beltrán de malacología.

Las fotografías ofrecidas en este Banco de imágenes son propiedad de sus respectivos autores, los cuales aparecen en los datos relativos a cada una de las imágenes y son los responsables de autorizar cualquier uso no contemplado en los términos y condiciones del Banco de imágenes. La utilización de las imágenes contenidas en este banco es gratuita para todos aquellos proyectos docentes, investigadores o divulgativos no comerciales, incluyendo Internet. Para ello, únicamente se debe sacar una impresión de la pantalla y pegarla en cualquier programa que maneje imágenes.

Para poder utilizar libremente cualquier imagen del Banco, es necesario que esta no sea alterada, que cite la procedencia de la fotografía y disponga un enlace a Bio.tiff. En caso de precisar imágenes de mayor calidad o desear utilizarlas para fines comerciales de cualquier tipo, se deberá contactar con el autor de cada colección, que es el propietario del copyright. Este le indicará las condiciones particulares para utilizar la fotografía con fines comerciales.

Bio.tiff se encuentra abierto a la colaboración de cualquier persona interesada en ofrecer colecciones de imágenes de su propiedad para uso público, para lo que pueden dirigirse a nosotros a través de nuestro contacto: agmoreno@bio.ucm.es. Todos los autores que colaboran en Bio.tiff disponen de una página de acceso a sus colecciones y una dirección de contacto a la que los usuarios pueden dirigirse directamente.

Modelización en 2D y 3D para la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza en Secundaria y Bachillerato

Ana García Moreno[(1)], Javier Camilo Barriga Bernal, Valentín Buencuerpo Arcas, Blanca Cifuentes Cuencas, Ignacio García Más, María de los Ángeles Gómez Flechoso, Elena Moreno González De Eiris, María Teresa González Jaén, Pilar López González-Nieto, José María Hernández de Miguel, Vanessa Jiménez Ortega, Rafael Lahoz Beltrá, María Victoria López-Acevedo Cornejo, Benito Muñoz Araujo, Concepción Ornosa Gallego, Raimundo Outerelo Domínguez, Pablo Refoyo Román, Eduardo Ruiz Piña, Antonio Tormo Garrido, María Ángeles Vázquez Martínez

(1) Departamento de Zoología y Antropología Física. Facultad de Ciencias. Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. Cl José Antonio Novais, 12. 28040 Madrid
agmoreno@bio.ucm.es

Palabras clave: Modelos 3D, recursos educativos, museos virtuales, patrimonio.

Keywords: 3D models, educational resources, virtual museums, heritage.

Resumen

Los Proyectos de Innovación y Mejora de la Calidad Docente desarrollados por profesores universitarios generan recursos educativos válidos para la enseñanza de las Ciencias Naturales en Secundaria y Bachillerato. En este trabajo se presentan algunos de estos recursos basados en modelos informáticos en 2D y 3D. El aprendizaje de asignaturas vinculadas con la Biología y la Geología mejora considerablemente si se apoya en la imagen. Las diferencias anatómicas entre animales o las formas de cristalización de los minerales (entre otros muchos ejemplos) son rápidamente comprensibles si se ven y se manejan modelos naturales en tres dimensiones. Se presentan modelos generados mediante escáner en 2D y 3D, cámaras digitales de fotografía y vídeo en 3D y los programas SketchUp y 3D MAX.

Abstract

Projects for Innovation and Improvement of Teaching Quality developed by university professors generate valid educational resources for teaching Natural Science in Secondary and High Schools. Some of these resources based on computer models in 2D and 3D are present in this paper. The learning of subjects related to biology and geology greatly improved if it rests on the image. The anatomical differences between animals or forms of crystallization of minerals (among many other examples) are readily understood

if viewed and managed natural models in three dimensions. We present models generated by 2D and 3D scanner, 3D digital camera photography and video and SketchUp and 3D MAX softwares.

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje de las Ciencias Naturales mejora considerablemente si se apoya en la imagen; las diferencias anatómicas entre animales o las formas de cristalización de los minerales (entre otros muchos ejemplos) son rápidamente comprensibles si se ven. Tanto en Biología como en Geología se estudian modelos naturales en tres dimensiones que los estudiantes deben saber interpretar y manejar.

Las nuevas generaciones de alumnos utilizan la tecnología desde edades tempranas y esto les proporciona la ventaja de que acceden a las aulas con una buena predisposición hacia la tecnología. Pero tiene el inconveniente de no permitirles desarrollar por completo su capacidad espacial, lo que dificulta el manejo y la interpretación de los objetos en tres dimensiones.

En la Universidad Complutense existen una gran cantidad y variedad de colecciones, en muchos casos desconocidas, con un gran valor didáctico. La generación de materiales en 2D y 3D a partir de estas colecciones supone un valioso recurso educativo que puede ser aprovechado tanto por estudiantes universitarios como de Secundaria y Bachillerato.

La Facultad de Ciencias Biológicas lleva varios años generando recursos educativos, accesibles desde su página web, www.ucm.es/centros/webs/fbio/, basados en la potencialidad de las imágenes y producidos a partir de sus colecciones. Los autores de este trabajo participan en este proceso creativo desde hace muchos años aportando materiales en la web institucional y en varias plataformas mantenidas por el grupo. Estos recursos ya se dieron a conocer durante la celebración del Primer Congreso de Docentes de Ciencias de la Naturaleza, en el año 2010[1].

La Facultad de Ciencias Geológicas también dispone de un valioso material con potencial para ser difundido a través de la red con gran potencial didáctico para estudiantes de Secundaria y Bachillerato. Sirvan como ejemplo el Museo de la Geología (www.ucm.es/centros/webs/museogeo/index.php), la colección de modelos cristalográficos de cerámica de Jean Baptiste Romé de L'Isle (s. XVIII) y la colección de Calcografías utilizadas para ilustrar los libros de Paleontología y Geología.

RESULTADOS

Hasta ahora, los productos generados estaban basados en imágenes digitales en dos dimensiones. El desarrollo de las posibilidades informáticas en 3D abre un nuevo campo para la creación de materiales didácticos. Nuestro grupo ha contado con varias alternativas:

– Para el escaneo en 3D se utilizó el 3D láser escáner Picza (Roland) del Taller Multimedia de la Universidad Complutense de Madrid.
– También se ha empleado para el escaneo en 3D la tecnología del David-LaserScanner adquirido por el grupo.
– Se han generado objetos tridimensionales a partir de los programas Google SketchUp y 3D MAX.
– Finalmente, se han tomado fotografías y vídeos en 3D con una cámara digital FinePix Real 3D W3 de Fuji.

---

[1] GARCÍA MORENO, A. (2011). Recursos docentes universitarios: un punto de apoyo para los docentes de Ciencias de la Naturaleza. En: GONZÁLEZ MONTERO DE ESPINOSA, M. y BARATAS DÍAZ, A. (Eds.) *Investigación y didáctica para las aulas del siglo XXI. Experiencias docentes y estrategias de innovación educativa para la enseñanza de la Biología y la Geología. Actas del I Congreso de Docentes de Ciencias de la Naturaleza*, Madrid, Ed. Santillana, 51-58.

Nuestro objetivo ha sido elaborar recursos didácticos destinados a la enseñanza de las Ciencias Naturales para estudiantes universitarios, de Secundaria y de Bachillerato.

Los materiales escaneados proceden de las colecciones zoológicas del Departamento de Zoología y Antropología Física de la Facultad de Cc. Biológicas y de la colección de modelos cristalográficos de roble del Departamento de Cristalografía de la Facultad de Ciencias Geológicas. En ambos casos se ha generado una página web específica, una de Zoología y otra de Cristalografía, accesibles desde las páginas web de las facultades y a través del servidor http://inedu.bio.ucm.es.

Cada una de las piezas escaneadas se presenta en dos formatos, como un archivo en 3D en el que la pieza se puede rotar mediante el empleo del ratón, previa descarga de un *plugin* específico, y en formato vídeo, en el que la rotación del objeto se ha grabado con antelación. El mismo tratamiento se ha dado a los objetos generados mediante los programas informáticos de diseño en 3D.

El material zoológico del Departamento de Zoología y Antropología Física contiene una considerable cantidad de ejemplares y preparados anatómicos de la mayoría de los filos animales, destinados a la formación del alumnado, adquiridos o elaborados desde hace más de treinta años. La continua incorporación de ejemplares a lo largo de varias décadas ha propiciado que, en la actualidad, sea uno de los recursos más importantes de entre las universidades europeas. Como se ha comentado anteriormente, la difusión de las colecciones en formato 2D a través de páginas web se inició desde hace varios años, así como la posibilidad de realizar visitas guiadas. En la actualidad, la presentación en formato 3D de los especímenes facilita su visualización tridimensional a través de Internet. Por el momento se han generado modelos escaneados de esqueletos de vertebrados, moluscos y equinodermos y modelos diseñados de artrópodos y anélidos (*Fig. 1*).

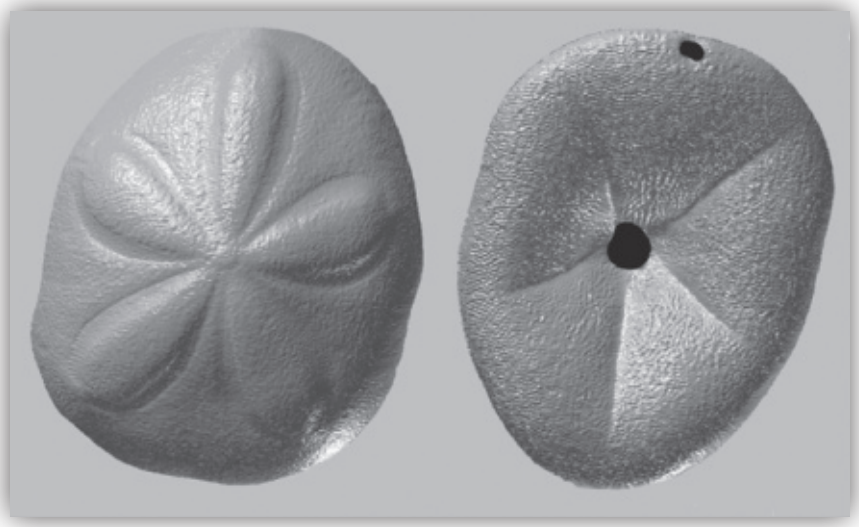


Figura 1. Modelo en 3D de un erizo irregular.

En el Departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad Complutense de Madrid existe una extensa colección de modelos cristalográficos (2.211 piezas inventariadas) realizados con maderas de diferentes calidades (peral, nogal, roble, haya y pino) y varios tamaños (supergrandes, grandes, medianos y pequeños), que se emplean como recurso didáctico.

Hasta la fecha, se han generado recursos en 3D de las piezas roble que representan los modelos básicos cristalográficos (*Fig. 2*). Por un lado se han escaneado las piezas originales y por otro se han elaborado modelos virtuales mediante los programas antes citados.

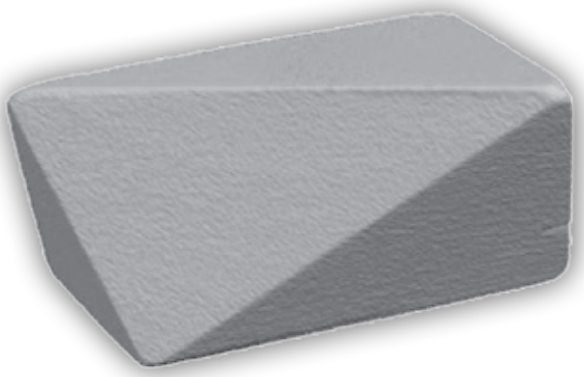


Figura 2. Modelo en 3D de un modelo cristalográfico.

Además, posee una colección de 318 ejemplares procedentes de la colección de piezas de cerámica diseñadas por el gran mineralogista francés del siglo XVIII, Jean Baptiste Romé de L'Isle, que está considerado como uno de los fundadores de la Cristalografía. Estos modelos, de pequeño tamaño, representan minerales idealizados, deducidos a partir de sus equivalentes naturales. Estas piezas se presentan como imágenes en 2D a través del Banco de imágenes BioTiff http://inedu.bio.ucm.es/biotiff/.

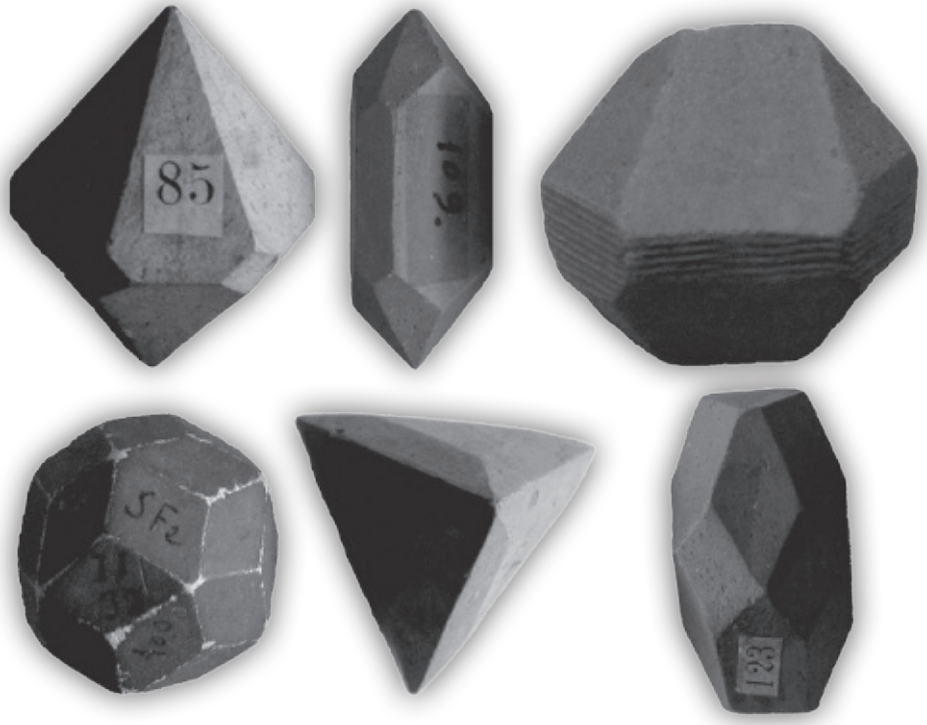


Figura 3. Piezas en cerámica de la colección de Jean Baptiste Romé de L'Isle.

Finalmente, se ha creado un Banco de imágenes a partir de las fotografías y los vídeos obtenidos mediante la cámara digital FinePix Real 3D W3 de Fuji. La visualización de este recurso requiere del empleo de gafas especiales o de la nueva generación de monitores que no requieren de anteojos para ver la imagen estereoscópica. Como aún no está muy extendida la adquisición de monitores con esta tecnología, el Banco de imágenes no será accesible a través de Internet por el momento, pero se pueden solicitar imágenes a través de nuestro contacto: agmoreno@bio.ucm.es.

Diseño y análisis de trabajos fuera del aula y actividades TIC preparatorias para la enseñanza de Ciencias de la Naturaleza en la Enseñanza Secundaria. Aplicación al Parque Natural de Peñalara

Antonio Manrique Campaña

manrique.antonio@gmail.com

Palabras clave: Salidas de campo, *novelty space*, TIC, geomorfología, diseño de actividades.

Keywords: Field activities, novelty space, ICT, geomorphology, activities design.

Resumen

Presentamos los resultados de una actividad preparatoria con una galería virtual de imágenes y la posterior salida de campo al Parque Natural de Peñalara, con alumnos de 3.º de ESO.

Estas actividades fueron diseñadas de acuerdo a la teoría del «*novelty space*», que identifica la preparación previa de los alumnos como uno de los factores limitantes de la efectividad educativa del trabajo de campo.

El análisis de los resultados obtenidos nos ha permitido sacar conclusiones sobre la importancia de las decisiones metodológicas tomadas durante el diseño de las actividades y de la necesidad de adaptarlas a la diversidad del alumnado, pudiendo extrapolar diversas propuestas de mejora.

Abstract

We present the results of an activity with the use of an online image gallery and the subsequent field trip to Peñalara Natural Park, with students from 3.º ESO.

These activities were designed in accordance to «novelty space» theory, which identifies the prior preparation of students as one of the limiting factors of the educational effectiveness of field work.

The analysis of the obtained results allows us to draw conclusions about the importance of the methodological decisions taken during the design of the activities and the need to adapt them to students' diversity. We also make some suggestions for improvement.

INTRODUCCIÓN

Las salidas de campo poseen un especial interés en la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza, no solo porque permiten poner al alumnado en contacto directo con la realidad física y los distintos fenómenos que dichas ciencias estudian, sino como un importante recurso para la alfabetización ambiental.

El trabajo de campo cobra especial importancia en la enseñanza de la Geología. La dimensión histórica fundamental que caracteriza a esta ciencia y las escalas espacio-temporales en las que suceden los fenómenos geológicos dificultan la reproducción de dichos fenómenos en un laboratorio, y más aún en un laboratorio escolar, por lo que las salidas de campo se convierten en un recurso mucho más necesario[1].

El diseño de salidas de campo es una tarea compleja, que requiere de una concienzuda preparación previa y una claridad metodológica a la hora de definir los diferentes aspectos didácticos que van a conformar el trabajo de campo. A grandes rasgos, las oportunidades didácticas que ofrecen las salidas de campo se pueden dividir en tres dimensiones diferentes[2].

La primera es una dimensión afectiva, ligada a la influencia que ejerce el trabajo de campo sobre la motivación del alumnado, en cuanto a que suponen una ruptura en la rutina habitual de las clases, así como al hecho de que ofrecen un marco de socialización diferente entre los alumnos y entre los alumnos y el profesorado.

La segunda es una dimensión cognitiva, ligada al tipo de conocimiento que las actividades de campo permiten adquirir. Además, el trabajo de campo permite al alumnado relacionar el aprendizaje de clase con su aplicación más inmediata, facilitando la adquisición de competencias propias del trabajo científico.

Por último, podemos hablar de una dimensión actitudinal, relacionada con la educación en valores del alumnado y la sensibilización ambiental.

Dadas sus posibilidades didácticas, cabe esperar que las salidas de campo contribuyan en gran medida al aprendizaje significativo de las Ciencias de la Naturaleza y a la educación ambiental del alumnado. Sin embargo, una mayoría del profesorado concuerda en que las salidas de campo que se realizan normalmente con los estudiantes no suelen responder a estas expectativas[3], quedando en entredicho la efectividad del trabajo práctico para conseguir dicho aprendizaje. La mejora de estas actividades posee, por tanto, un gran interés para los docentes. Para ello, debemos preguntarnos: ¿qué factores caracterizan estas actividades que las convierten en algo tan significativo? Y, ¿cuáles de estos factores van a influir en la consecución de los objetivos planteados para el trabajo de campo?

Una interesante línea de investigación con respecto a los factores que limitan la efectividad educativa de las actividades de campo es la que identifica la preparación previa de los alumnos frente a la salida de campo como uno de los aspectos que más van a influir sobre el aprendizaje alcanzado durante la propia salida[4].

---

[1] ÁLVAREZ SUÁREZ, R. y GARCÍA DE LA TORRE, E. (1996). Los modelos analógicos en Geología. Implicaciones didácticas. Ejemplos relacionados con el origen de los materiales terrestres. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 4 (2), 133-139.

[2] DEL TORO, R. y MORCILLO, J. G. (2011). Las actividades de campo en educación secundaria. Un estudio comparativo entre Dinamarca y España. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19 (1), 37-45.

[3] MORCILLO, J. G.; RODRIGO, M.; CENTENO, J. D. y COMPIANI, M. (1998). Caracterización de las prácticas de campo: Justificación y primeros resultados de una encuesta al profesorado. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 6 (3), 242-250.

[4] FALK, J. H. (1983). Field trips: A look at environmental effects on learning. *Journal of Biological Education*, 17 (2), 137-142.

Orion y Hofstein[5] profundizan en este tipo de aspectos, proponiendo el concepto de «espacio novedoso» (*novelty space*) o índice de familiaridad, que consideran integrado por tres factores que van a condicionar la capacidad de aprendizaje de los alumnos: un factor cognitivo, un factor geográfico y un factor psicológico.

El factor cognitivo se refiere al conocimiento previo de los procesos y conceptos concretos con los que se va a trabajar durante la salida.

El factor geográfico alude a la novedad del ambiente de campo, o lo que es lo mismo, la información previa que posean los alumnos sobre los lugares que van a ser visitados.

Por último, el factor psicológico guarda relación con la experiencia en el campo de los alumnos.

La capacidad de aprendizaje de los estudiantes cuyo «*novelty space*» es reducido antes del viaje de estudio es significativamente mayor que la de los estudiantes cuyo «*novelty space*» no es tan reducido. O dicho de otra manera: el aprendizaje de los estudiantes con una mayor información previa sobre las características de la salida es mejor que la de los estudiantes no tan informados.

Existen varias formas de preparar a los alumnos previamente a la salida para reducir su «*novelty space*»: el factor cognitivo puede ser reducido mediante actividades o explicaciones previas sobre los temas a tratar durante la salida. El factor geográfico puede reducirse mediante el trabajo con mapas, imágenes, vídeos y fotografías de la zona donde se va a desarrollar el trabajo. El factor psicológico se reduce principalmente con la habituación a este tipo de actividades, pero también pude mitigarse proporcionando al alumno una descripción detallada de lo que puede esperar de la salida.

La incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) en las actividades didácticas ha ido adquiriendo una importancia creciente en el actual ámbito educativo y pueden constituir una buena herramienta tanto como complemento como para el tratamiento previo a las salidas de campo.

Objetivos

Por las razones anteriormente expuestas, sobre su relevancia didáctica y su importancia durante el ejercicio de la profesión docente en el ámbito de las Ciencias de la Naturaleza, este trabajo se propone los siguientes objetivos:

- Diseño de:
  - una salida de campo, dentro del desarrollo de una unidad didáctica sobre fenómenos geológicos externos para 3.º de la ESO.
  - una actividad TIC que sirva como preparación cognitiva previa a dicha salida de campo, reduciendo el «*novelty space*» de los alumnos.
- Aplicación de la actividad TIC, seguida de la salida de campo, durante el desarrollo de la unidad didáctica correspondiente.
- Análisis de los resultados obtenidos durante la salida, con alumnos
  - que llevaron a cabo la actividad TIC previa.
  - que no tuvieron preparación alguna frente a la salida.
- Proponer para ambas actividades las mejoras que procedan tras el análisis de los resultados.

[5] Orion, N. y Hofstein, A. (1994). Factors that Influence Learning during a Scientific Field Trip in a Natural Environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (10), 1097-1119.

DISEÑO DE LA SALIDA DE CAMPO

Durante el diseño de la actividad fuera del aula, se decidió llevar a cabo una salida de tipo dirigido, donde el escenario serviría principalmente para ilustrar la teoría ofrecida a los alumnos por parte del profesor. Esta decisión puede ser tachada de demasiado conservadora, dado que los actuales modelos constructivistas apuestan por actividades fuera del aula más abiertas, de tipo investigativo. Es cierto que, desde un punto de vista general, este tipo de actividades son didácticamente más deseables. Sin embargo, no estábamos convencidos de que resultaran idóneas para nuestro grupo de alumnos.

En primer lugar, nuestra salida de campo se enmarcaba dentro de una unidad didáctica dedicada al estudio de los fenómenos geológicos externos para 3.º de Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO). Se trata del primer curso de ESO en el que se aborda este tema, por lo que la mayoría de fenómenos y procesos con los que se trabajará durante el trabajo de campo son nuevos para los alumnos.

En segundo lugar, había que tener en cuenta las características propias del grupo concreto de alumnos con el que contábamos.

Nuestra experiencia se llevó a cabo en el Instituto de Enseñanza Secundaria Joaquín Turina, un Centro de titularidad pública situado en el distrito de Chamberí (calle Guzmán el Bueno, 92) de la Comunidad de Madrid. El grupo de 3.º de ESO con el que se realizaría la actividad presentaba en general una motivación intrínseca muy reducida hacia el sistema educativo (hasta el punto de que varios alumnos reiteraron en diversas entrevistas personales su intención de abandonarlo cuanto antes), lo que se traducía en unos bajos resultados académicos, problemas disciplinarios y casi nula participación activa en las clases. A esta falta de motivación se añadían graves problemas a la hora de seguir la asignatura, sobre todo en la alta población de alumnado de origen chino, que en muchos casos aún no se defendía adecuadamente con el idioma español. Todo esto se traducía en un bajo rendimiento académico y una reducida capacidad para trabajar de forma autónoma.

Por tanto, y de acuerdo con el responsable de la asignatura para este grupo en el centro, se concluyó que una salida dirigida sería el método más adecuado para alcanzar los objetivos previstos teniendo en cuenta las necesidades de este grupo concreto.

Por tanto, la salida se desarrollaría en un itinerario durante el cual el profesor expondría los contenidos más interesantes de cada zona y formularía cuestiones puntuales a los alumnos. Los alumnos, por su parte, deberían observar, realizar esquemas y tratar de deducir a través de sus conocimientos previos las respuestas a las preguntas planteadas, tomando notas de las conclusiones más importantes para el trabajo posterior.

Elegimos como marco de nuestra salida el Parque Natural de la Cumbre, el Circo y las Lagunas de Peñalara. Las razones que nos han llevado a elegir este enclave por encima de otros son tanto de tipo práctico como didáctico.

Entre las razones de tipo práctico, una de las principales es la facilidad de transporte hasta la zona, que puede hacerse en ferrocarril, resultando una forma cómoda y, sobre todo, barata para los alumnos y el centro. No sería necesario por tanto el fletar autobuses u otros medios más caros de transporte, a no ser que se prefiera por otras razones.

Además, el uso de un parque natural, al tratarse de parajes conocidos sobre los que es sencillo encontrar información y bibliografía, facilita tanto la preparación como el trabajo posterior tanto de los docentes como del alumnado.

Desde el punto de vista didáctico, el Parque Natural de Peñalara ofrece algunas oportunidades únicas en la Comunidad de Madrid.

El Parque Natural de Peñalara constituye un lugar único en la Comunidad de Madrid para observar los efectos geomorfológicos del glaciarismo cuaternario, así como de los procesos periglaciares aún activos en la actualidad. Pudimos observar que el glaciarismo, a pesar de su espectacularidad como fenómeno, que suele despertar curiosidad entre los escolares, era escasamente tratado en el libro de texto elegido por el centro.

Aparte del aspecto motivador, el estudio de los fenómenos glaciares presenta una oportunidad didáctica que no debería ser desaprovechada: las formas del relieve formadas por un glaciar solo pueden ser observadas cuando los hielos se han retirado, por lo que el análisis de formaciones glaciares nos lleva a intentar reconstruir los fenómenos geológicos del pasado a partir de la observación del presente. Esto introduce a los alumnos en los conceptos de Geología como ciencia histórica y de actualismo como el método de análisis usado por los geólogos.

Además, su condición de parque natural, sobre todo ahora que se estudia su inclusión en el nuevo Parque Nacional de las Cumbres de la Sierra de Guadarrama, lo convierte en una zona preferencial para el tratamiento de temas ambientales.

De los itinerarios disponibles dentro del trazado del parque, nos decidimos por la ruta número 4, que circula desde la Casa del Parque hasta la Laguna de Los Pájaros. Se trata de la ruta más larga dentro del parque, lo que permite una visión bastante completa del mismo.

Se entregaría a cada escolar un guion de prácticas en el que se detalla la historia geológica del Parque Natural de Peñalara, y se ofrece una pequeña introducción a las características básicas de sus paisajes y su biodiversidad.

Cada guion incluiría diez preguntas a contestar por los alumnos de forma individual tras la realización de la salida. Las respuestas entregadas por los escolares servirán para evaluar el grado en que se han alcanzado los objetivos de la salida, así como para calificar su trabajo.

Diseño de la actividad TIC

Una vez planteada la salida de campo, pasamos al diseño de una actividad TIC específicamente pensada para servir como preparación previa a dicho trabajo de campo.

El diseño de la actividad TIC se realizó teniendo en mente dos principios: que sirviera para proporcionar a los alumnos información necesaria para afrontar la salida (reduciendo así su «*novelty space*»), pero que también tuviese interés propio, en el caso de que al final la salida no pudiese realizarse por algún motivo.

En un principio se estudió la posibilidad de utilizar el programa Google Earth para que los alumnos pudiesen estudiar el relieve y la topografía de la zona de la salida, lo que permitiría tratar en conjunto los tres factores que componen el «*novelty space*» (cognitivo, geográfico y psicológico), al trabajarse información tanto geográfica como geológica de la zona. Sin embargo, los equipos informáticos del centro resultaron ser, por su antigüedad, incapaces de correr dicho programa.

Teniendo esto en cuenta, se decidió centrar la actividad específicamente el factor cognitivo del «*novelty space*»: aunque el trabajo sobre los factores psicológico y geográfico se considera más efectivo a la hora de afrontar una salida, su interés es menor en el caso de que la salida no tenga lugar o de que se quisiera utilizar la práctica TIC como actividad independiente. Además, cabe recordar que es la primera vez que los alumnos contemplan los contenidos sobre fenómenos geológicos externos en la Enseñanza Secundaria, por lo que el trabajo sobre los factores cognitivos se hace más necesario por su novedad para el alumnado.

No obstante, se decidió que también podría ser interesante trabajar en cierta medida el factor psicológico, de tal manera que la práctica TIC utilizase las mismas herramientas de trabajo que los alumnos iban

a utilizar en el campo: la observación y la deducción. De esta manera, contando con lo obsoleto de los equipos del centro, se decidió crear para la práctica una galería «on line» de fotografías de diversos fenómenos geológicos relacionados con el glaciarismo (en http://goo.gl/gHwok).

La mayoría de fotografías que se utilizaron para crear la galería que se mostraría a los alumnos fueron seleccionadas de entre la galería de imágenes «Banco de Imágenes Geológicas» (http://www.flickr.com/photos/banco_imagenes_geologicas/), puestas al servicio de la comunidad por su autor, Ignacio Benvenuty Cabral, bajo una licencia libre Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 3.0 España.

La actividad pretendía que los propios alumnos construyesen de forma personal su propio conocimiento sobre la acción geológica de los glaciares. Para ello, el texto del guion de la práctica establecía comparaciones entre la acción geológica de un río (que ya conocían mediante las actividades y clases desarrolladas anteriormente en la unidad) y la de un glaciar. Con la ayuda de los recordatorios del texto y de la visualización de las imágenes contenidas en la galería, los alumnos debían ser capaces de sacar sus propias conclusiones sobre los tipos de erosión, transporte y sedimentación que realiza un glaciar. De esta forma, se introducirían los conceptos básicos que luego se iban a tocar en la salida de campo.

RESULTADOS

Se usaron dos grupos de alumnos, correspondientes a dos clases del instituto, para realizar las actividades. El grupo A realizaría la actividad TIC previamente a acudir a la salida. El grupo B acudiría a la salida sin preparación previa alguna.

Los resultados obtenidos con respecto a la evaluación del trabajo de los alumnos del grupo A durante la actividad con los ordenadores se presentan en la Tabla 1.

La calificación se presenta sobre un total de 10. Las siglas N. A. marcan aquellos alumnos que no acudieron a clase ese día.

La columna «Nota final» se refiere a la calificación final alcanzada por el alumno en la unidad didáctica. Los valores tan bajos se deben tanto a las bajas calificaciones obtenidas en las actividades, como a que una mayoría de los alumnos dejó sin entregar la mayor parte de estos trabajos, lo que se contabilizaba como un cero.

Lo primero que cabe observar en esta tabla es que 3 alumnos no acudieron a la práctica. Sin embargo, ese era el número habitual de alumnos que no acudían reiteradamente a clase, por lo que podemos considerarlo dentro de lo habitual. Sin embargo, todos los alumnos que acudieron participaron en la realización de la práctica.

Alumno	Calificación	Nota final
1	8,50	3,25
2	N. A.	3,00
3	4,70	3,25
4	N. A.	1,00
5	4,00	3,75
6	4,50	4,45
7	4,30	2,60
8	5,70	4,00
9	N. A.	2,00
10	8,50	4,55
11	5,00	3,20
12	3,50	2,90
13	4,80	3,10

Tabla 1. Resultados de la Actividad TIC.

Lo segundo es que todos los alumnos obtuvieron una calificación superior a la que obtuvieron como final de la unidad (en el caso de los alumnos 1 y 10, de alrededor del doble), quedando casi todos cercanos al aprobado (si no aprobados).

En cuanto a las observaciones personales del profesor, los alumnos se mostraron más participativos e interesados por la práctica de lo habitual, realizando preguntas y discutiendo las conclusiones a las que llegaban. Alumnos que se habían negado a participar en prácticas desarrolladas en el aula sí participaron activamente en la realización de esta.

Los resultados obtenidos con respecto a la evaluación del trabajo realizado durante la salida de campo se presentan en la Tabla 2 para los alumnos del grupo A y en la Tabla 3 para los del grupo B.

Las siglas N. A. marcan aquellos alumnos que no acudieron a la salida. Las siglas N. P. se refieren a los alumnos que, habiendo acudido a la salida, no entregaron posteriormente las respuestas al guion de la actividad. De nuevo, la calificación se presenta sobre un total de 10.

Alumno	Calificación
1	N. A.
2	N. P.
3	2
4	N. A.
5	3,5
6	5,5
7	N. P.
8	6
9	N. A.
10	N. P.
11	2
12	N. A.
13	N. A.

Tabla 2. Grupo A.

Alumno	Calificación
1	6,25
2	N. P.
3	N. P.
4	5
5	N. A.
6	3
7	2,25
8	4
9	4,25
10	N. A.
11	1,75

Tabla 3. Grupo B.

Lo primero que llama la atención sobre estas tablas es que del grupo A no acudieron a la salida un número mayor de alumnos que los que solían faltar a las clases: faltaron 5 alumnos, cuando lo habitual es que faltaran 2 o 3. En cuanto al grupo B, el número de faltas se encontraba dentro de lo habitual. Esto propició que, a pesar de que el grupo A era más numeroso que el grupo B, al final acudiera a la salida un número similar de alumnos de cada grupo.

Lo segundo es que de los alumnos que acudieron a la salida, aproximadamente un 30% no presentaron el trabajo posterior. Este porcentaje es mayor en el grupo A (3 alumnos de 8, un 37,5%) que en el grupo B (2 de 9, aproximadamente un 22%). Por tanto, al final más alumnos del grupo B presentaron el trabajo encomendado durante la salida que del grupo A.

En cuanto a las calificaciones, ambos grupos obtuvieron, de media, calificaciones similares (alrededor del 3,8), aunque cabe señalar que las calificaciones fueron realizadas por un profesor diferente para cada grupo.

En lo que se refiere a las observaciones personales del profesor, los alumnos de ambos grupos mostraron una participación menor que la habitual durante toda la salida. De hecho, solo los alumnos 6 y 8 del grupo A y 1 y 4 del grupo B participaron activamente de las discusiones, realizaron preguntas a los profesores sobre lo que observaban y tomaron notas para realizar el trabajo posterior. El resto de alumnos

no mostraron apenas interés acerca de las explicaciones de los profesores y guardaron silencio al ser preguntados durante los intentos de debate.

Cabe destacar que la mayoría de los alumnos que no mostraron interés por las explicaciones de los profesores tampoco parecieron mostrar inclinación alguna por explorar la zona o disfrutar de la naturaleza.

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE MEJORA

El rendimiento del grupo A durante la salida de campo resultó similar (sino más bajo) al del grupo B, que no había realizado preparación previa alguna.

Aunque el rendimiento del grupo A y el del grupo B no son del todo comparables, no cabe sino concluir que la preparación proporcionada por nuestra actividad TIC no ha sido suficiente o la adecuada para mejorar el aprovechamiento de la salida de campo por parte de los alumnos que la realizaron.

El objetivo de la práctica con ordenadores era la preparación cognitiva de los alumnos para la salida de campo. Sin embargo, durante el desarrollo de la salida comprobamos que el mayor escollo para el rendimiento de los escolares no eran deficiencias en su manejo de los conceptos trabajados (que también), sino una casi total falta de motivación por el trabajo o el aprendizaje (salvo contadas excepciones). Por tanto, quizás hubiese sido más necesaria una preparación ante la salida de tipo psicológico, para aumentar la motivación del alumnado y minimizar el impacto de la novedad del escenario.

En caso de que volviese a presentarse la oportunidad de llevar a cabo una salida de campo al Parque Natural de Peñalara, lo primero por lo que optaríamos sería por aumentar el número de actividades dedicadas a la preparación del alumnado: al menos una por cada uno de los factores del «*novelty space*» (cognitivo, geográfico y psicológico).

Dado que nuestros alumnos demostraron una motivación especial hacia las prácticas realizadas con ordenadores, se conservaría este formato para las actividades que se añadieran.

Así, se mantendría la actividad ya diseñada como actividad para el trabajo del factor cognitivo, ya que, por sí misma, nos ha dado buenos resultados.

Para trabajar el factor geográfico sugeriríamos la actividad que tuvimos que descartar en nuestro diseño: una actividad diseñada alrededor del uso del programa Google Earth.

Introduciendo las coordenadas del Parque Natural de Peñalara, el programa nos permite estudiar su topografía y relieve, e incluso el cambio de la vegetación a lo largo de la subida al pico.

En caso de que el equipo con el que contásemos no permitiese de nuevo el uso de este programa, se podría utilizar en su lugar una actividad tipo WebQuest, donde los alumnos realizarían un trabajo de investigación bibliográfica guiada a través de Internet sobre las rutas de senderismo del Parque Natural de Peñalara, estudiando durante el proceso las características de su geografía y relieve.

En cuanto a la preparación psicológica, se puede pedir a los alumnos que realicen un debate sobre el mejor itinerario a seguir, utilizando la información de la página web oficial del parque (http://www.parquenaturalpenalara.org/). El itinerario que gane el debate será el elegido para realizar el día de la salida. De esta manera, también se trabaja su implicación con la salida.

También se les puede encargar que vigilen por grupos la evolución meteorológica sobre el pico de Peñalara durante las dos semanas anteriores a la salida, en páginas como http://www.parquenaturalpenalara.org/investigacion/meteorologia/informacion-meteorologica.html o http://www.aemet.es/es/eltiempo/

prediccion/montana?p=mad2, y que preparen un gráfico con ella. De esta manera, sabrán de antemano qué condiciones meteorológicas cabrá esperar el día de la salida.

Además, no es descabellado pensar que la metodología utilizada en el diseño del trabajo de campo tenga parte de culpa en esta falta de motivación: alumnos que se encuentran poco interesados por las clases es poco probable que desarrollen una motivación mayor por una salida de campo de tipo expositivo.

Es posible que un tipo de actividad más abierta pudiese estimular el interés de los escolares. Propondríamos una salida semidirigida con guion: los alumnos aún no han desarrollado las competencias necesarias para realizar una investigación autónoma, pero sí serían capaces de seguir un guion de prácticas con la supervisión del profesor. En este caso sería deseable dividir la clase en grupos de trabajo de 3 a 5 alumnos, con un profesor encargado de cada par de grupos.

Se podría plantear una actividad tipo «CSI» (investigación de la escena del crimen), en la que cada grupo tuviese que seguir una serie de «pistas» geomorfológicas, establecidas por el guion de forma secuencial, hasta descubrir el agente «culpable» de la formación de un relieve determinado.

En definitiva, el desarrollo de este trabajo nos ha servido para experimentar en primera persona cómo una serie de decisiones poco acertadas sobre los objetivos, las estrategias metodológicas y el tipo de preparación previa adecuadas para una salida de campo con un grupo concreto de escolares pueden desembocar en una falta de motivación por parte de dichos alumnos ante el trabajo en la naturaleza. Al trabajar sobre el «*novelty space*» de una salida de campo, esto se traduce en que unos grupos precisarán trabajar más unos factores diferentes a otros, dependiendo de su motivación, su experiencia con el trabajo de campo, su conocimiento de la zona o los conceptos previos que manejen.

Jugando a la evolución en el ordenador

Rafael Lahoz-Beltrá

Departamento de Matemática Aplicada (Biomatemática),
Facultad de Biología, Universidad Complutense,
28040-Madrid
lahozraf@bio.ucm.es

Palabras clave: Evolución, simulación, enseñanza.

Keywords: Evolution, simulation, teaching.

Resumen

La evolución es una de las teorías centrales de la biología. En este artículo se hace un breve bosquejo de las distintas aproximaciones o paradigmas desde los que es posible abordar su estudio, proponiendo la aproximación constructivista por ser su metodología la que mejor se ajusta a las especiales características del fenómeno a explicar: la evolución. Bajo este paradigma el estudiante aprende qué es la evolución a partir de experimentos de simulación realizados en el ordenador con poblaciones de organismos digitales. El artículo concluye describiendo un sitio *web* en el que hemos incluido material docente para la enseñanza de la teoría de la evolución, pudiéndose adaptar estos materiales a los distintos niveles educativos.

Abstract

Evolution is one of the main theories in biology. In this paper we review four different paradigms under which it is possible to teach Evolution, dedicating a special emphasis to constructivism. The learning process is based on student experiences with software studying the evolution through computer simulation experiments using models of living systems in artificial environments. Adopting this paradigm we have developed a website with teaching materials oriented to the study of evolution.

1. Introducción

La teoría de la evolución es uno de los pilares en los que se sustenta la biología moderna. Su importancia es tal que en 1973 el biólogo evolucionista Dobzhansky llegó a decir «nada en biología tiene sentido excepto a la luz de la evolución», publicando un ensayo con este título en el que se argumentaba la importancia de la enseñanza de la teoría de la evolución en las escuelas (Dobzhansky, 1973). Sin embargo, tanto la investigación como la enseñanza de esta teoría requieren de la adopción de un cierto enfoque

o paradigma que afectará tanto al modo en el que el científico aborda su estudio como a la forma con la que el docente la explicará a los alumnos.

En este artículo se hace un breve bosquejo de las distintas aproximaciones o enfoques desde los que es posible estudiar la teoría de la evolución según el principio de selección natural de Darwin, haciendo un especial énfasis como aproximación pedagógica en el *enfoque constructivista*.

2. APROXIMACIONES AL ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN

En la actualidad podemos distinguir distintos enfoques o paradigmas desde los que aproximarse al estudio de la evolución, y que hemos denominado en este artículo como (a) clásico, (b) *Dawkinsiano*, (c) matemático y (d) constructivista.

El *enfoque clásico* define la evolución como la acumulación gradual y continua de los cambios hereditarios en poblaciones, originándose nuevas especies. La definición en que se sustenta este planteamiento es el resultado de la historia que conduce al concepto de especiación, y que comienza con personajes como Linneo y Buffon, la teoría catastrofista de Cuvier o la teoría de transformación de las especies de Lamarck y Darwin, para concluir con la teoría sintética o neodarwinismo. Es habitual que tras recorrer un breve bosquejo histórico de las ideas que desembocarán en la teoría de la selecciona natural de Darwin, se haga alguna mención a las pruebas paleontológicas, anatómicas, embriológicas, bioquímicas y moleculares. A día de hoy este enfoque es el adoptado en Secundaria (Sanz Serrano, 2007) y Bachillerato (*Figura 1*).

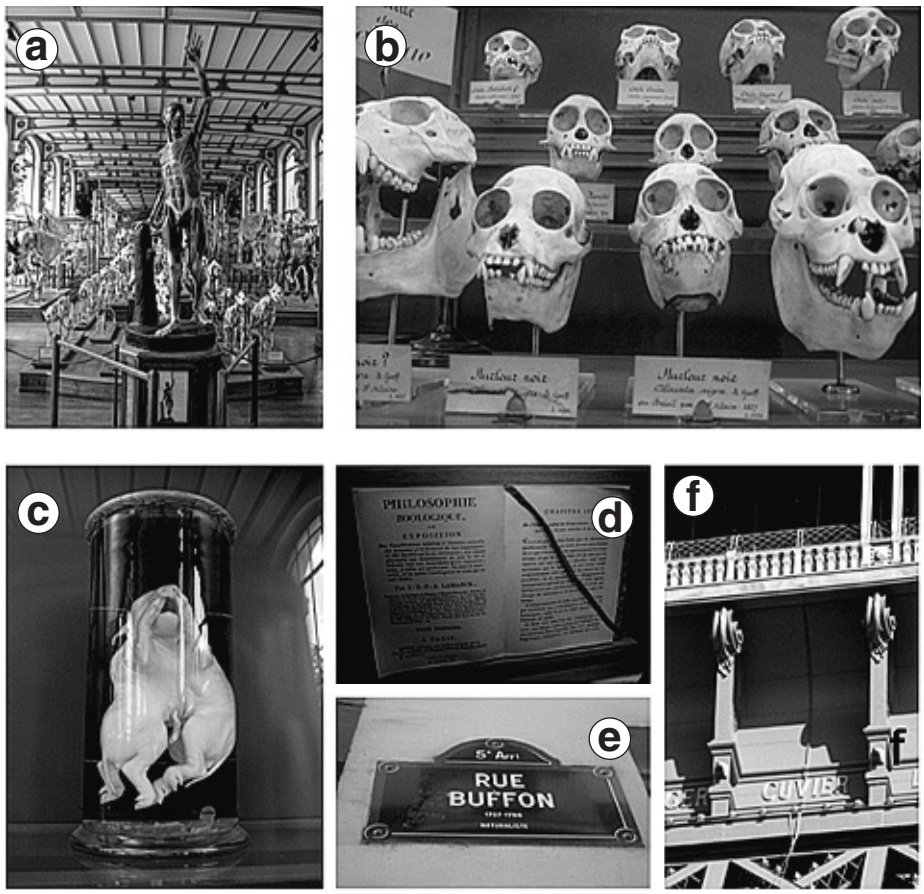


Figura 1. Teoría de la evolución bajo un enfoque clásico. Museo de Ciencias Naturales de París: (a, b y c) Galería de Anatomía Comparada y (d) ejemplar de *Philosophie Zoologique* de Lamarck. (e) Calle dedicada a Buffon y (f) detalle de la Torre Eiffel en el que puede leerse Cuvier (Autor: R. Lahoz-Beltrá, 2010).

El *enfoque Dawkinsiano* es el que resulta de la «visión genocéntrica» del zoólogo y divulgador británico Richard Dawkins. Según este planteamiento el gen es la unidad de selección, por lo que la evolución estaría centrada en los genes, idea que divulga en su libro *El gen egoísta* (1976). Otra de las ideas que sustentan este enfoque es el principio de selección acumulativa que es la versión de la teoría de la selección natural en individuos con reproducción asexual. El principio establece que la acumulación de pequeños cambios aleatorios o mutaciones en los cromosomas conduce a cambios significativos en las características y forma (fenotipo) de los individuos. Uno de los méritos de Dawkins fue la forma en que divulgó este principio en su libro *El relojero ciego* (1986), describiendo experimentos de simulación en ordenador con organismos digitales, individuos a los que bautizó con el nombre de biomorfos. El programa del libro *Blind Watchmaker* 1.2 (Figura 2) fue comercializado para el ordenador Macintosh, iniciándose a mediados de los años 80 las primeras experiencias con ordenador en el aula, tal y como Dawkins hizo en sus clases con estudiantes de zoología. Otro de los programas utilizados por Dawkins para explicar el principio de la selección acumulativa fue el «programa de la comadreja» (o *weasel program* en lengua inglesa), una metáfora de la evolución de las secuencias de ADN o de los aminoácidos de las proteínas. El experimento consiste en definir una frase arbitraria, por ejemplo «yo creo que se parece a una comadreja» –frase de la obra *Hamlet* de Shakespeare– dejando que sea el programa a partir de mutaciones y selección de las frases obtenidas inicialmente de forma aleatoria el que encuentre la frase objetivo en un número determinado de generaciones.

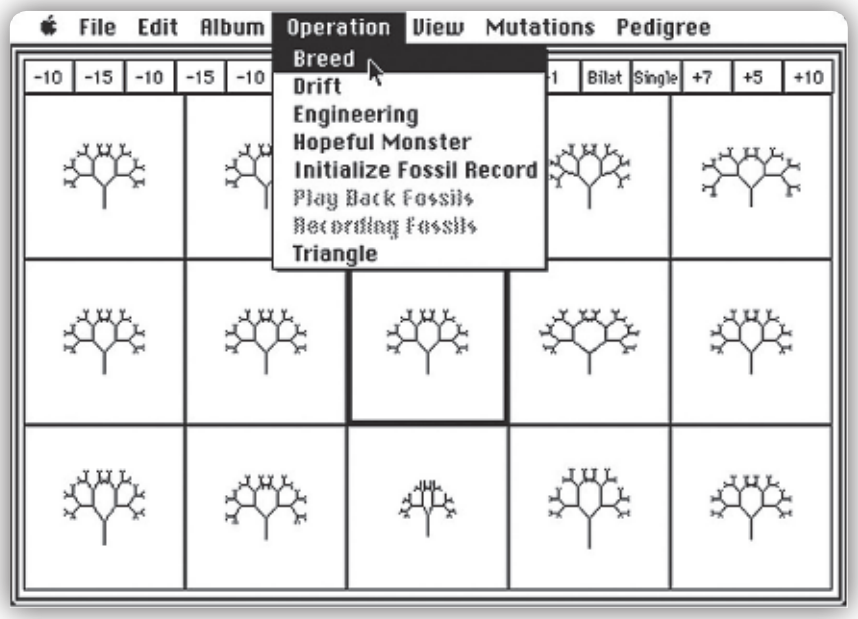


Figura 2. Teoría de la evolución bajo un enfoque *Dawkinsiano*. Programa *Blind Watchmaker* 1.2 para el ordenador Macinstosh mostrando la evolución de los biomorfos por el principio de selección acumulativa.

El *enfoque matemático* se fundamenta en modelos matemáticos en biología evolutiva (Lahoz-Beltrá, 2011). Los modelos estudian el origen de la vida, en particular los modelos de cuasiespecies e hiperciclos, o se sustentan en el teorema fundamental de la selección natural de Fisher. Según este teorema, publicado en la obra *The genetical theory of natural selection* (Fisher, 1930), la velocidad a la que aumenta la adaptabilidad promedio de una especie es igual a la riqueza de «posibles valores de los genes». Si sustituimos el aumento de adaptabilidad promedio por $\Delta\overline{W}$, la adaptabilidad promedio por $\overline{W}$ y la riqueza de los posibles valores de los genes por la llamada varianza genética σ^2_W, entonces el teorema anterior podrá ser expresado en biología matemática como:

$$\Delta\overline{W} = \frac{\sigma^2_W}{\overline{W}}$$

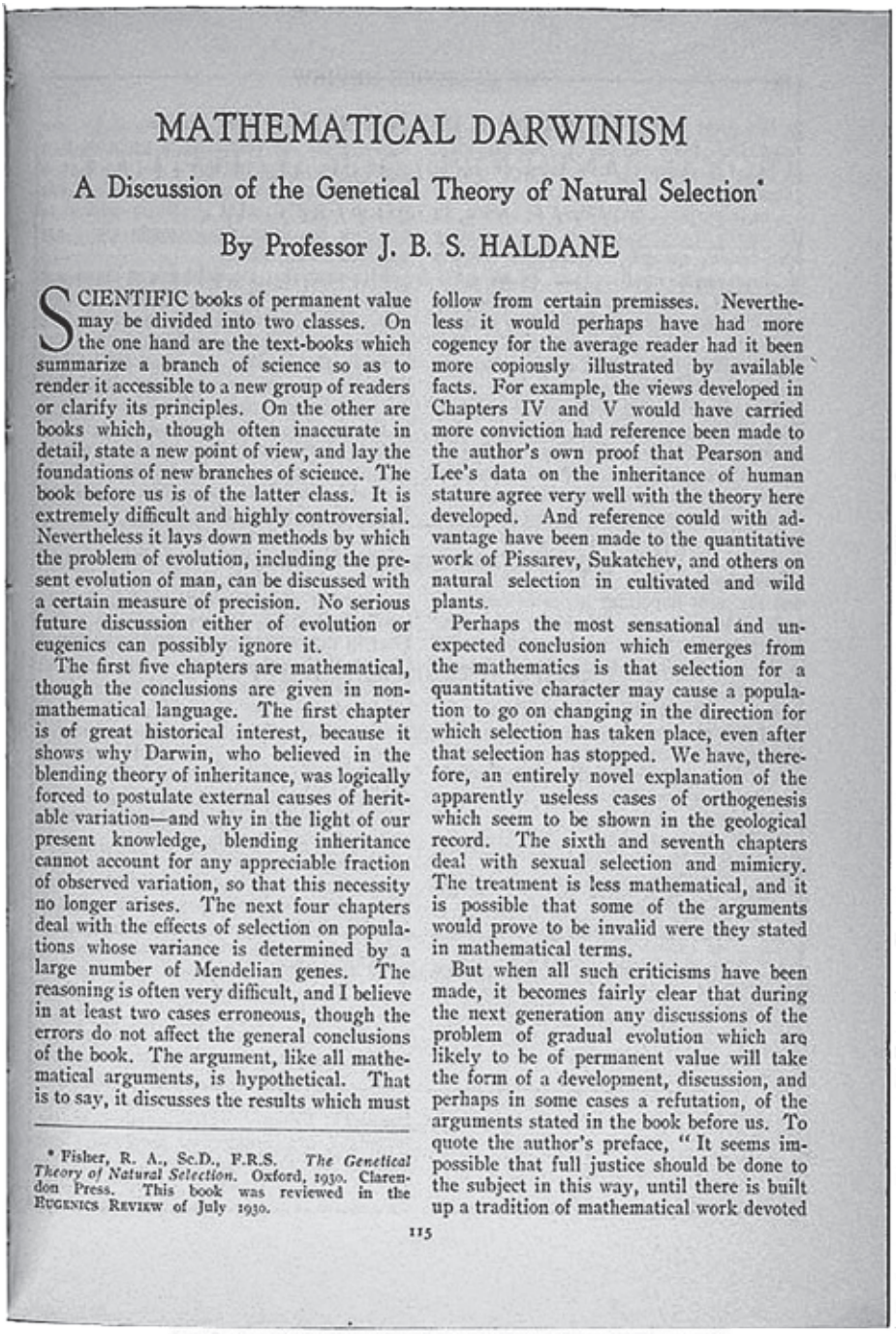
La dificultad de este enfoque subyace en convencer al estudiante de biología que la matemática es un lenguaje con el que el biólogo puede expresar en una sola «fórmula» y de modo preciso una idea (Lahoz-Beltrá *et al*., 2011). Por consiguiente, el estudio matemático de la evolución (Figura 3) es por su contenido matemático exclusivo de cursos avanzados o universitarios.

El *enfoque constructivista* se basa en las ideas pedagógicas de Piaget, entregando al alumno herramientas con las que crea sus propios procedimientos para resolver una situación, modificando sus ideas, aprendiendo. En el caso que nos atañe, el estudio de la teoría de la evolución, las herramientas son modelos de simulación en ordenador, y por tanto programas tipo *SimCity* (Figura 4a), un videojuego de construcción de ciudades creado por Will Wright en 1989. Los modelos de simulación utilizados en el aula proceden del área de la vida artificial (Lahoz-Beltrá, 2004), una especialidad emparentada con la inteligencia artificial (Figura 4). Con estos programas, el ordenador se convierte en un «tubo de ensayo» en el que realizar experimentos cambiando en cada caso las condiciones iniciales (por ej., la tasa de mutación), probar hipótesis, etc. Este enfoque es muy interesante desde el punto de vista pedagógico ya que el estudiante puede experimentar con la evolución en un tiempo asumible, un fenómeno cuya duración podría ser de millones de años es ahora observable en minutos u horas, y además la duración del experimento depende de las condiciones iniciales. Es decir, el curso del experimento viene dado por el tiempo de supervivencia de la población simulada, por lo que para determinadas condiciones iniciales la población podría extinguirse tan rápidamente que los estudiantes no pudieran recoger datos. Esta situación reproduce otras similares en las que, por ejemplo, un biólogo realiza experimentos en el campo o en laboratorio, no obteniéndose siempre resultados satisfactorios o fracasando el experimento pese a que el protocolo seguido es el correcto. Por sus características este enfoque puede ser adaptado a distintos niveles educativos transmitiendo a los estudiantes nociones elementales de diseño experimental. El enfoque *Dawkinsiano* sería un caso particular de constructivismo, en el que los experimentos de simulación se sustentan en una visión genocéntrica de la evolución y en el principio de selección acumulativa que, tal y como se ha comentado, es propio de organismos con reproducción asexual.

3. Docencia de la evolución aplicando un enfoque constructivista

El libro *¿Juega Darwin a los dados?* (Lahoz-Beltrá, 2008) es un ejemplo de aproximación constructivista al estudio de la evolución. El *software* que acompaña al libro permite *jugar* en el ordenador con fenómenos y propiedades que hasta bien poco eran patrimonio exclusivo de los seres vivos, ya fueran plantas, animales o microorganismos. Así por ejemplo, el estudiante puede observar en la pantalla del ordenador los cambios o mutaciones experimentados por organismos digitales, su muerte y reproducción con o sin sexo, el combate o lucha entre individuos, sus comportamientos cooperativos o egoístas, el aprendizaje o la inteligencia colectiva, e incluso simular el cambio climático o la extinción en masa de especies. Más aún, con esta clase de simulaciones se puede responder a cuestiones clave de la biología como: ¿desaparecerá algún día el ser humano?, ¿por qué se extinguen las especies?, ¿nos afectará el cambio climático?, ¿sobrevivirán nuestras ciudades?, ¿cómo se originó la vida sobre nuestro planeta, la Tierra?, ¿son *inteligentes* las hormigas?, ¿qué fue la explosión del Cámbrico?, ¿vamos hacía una extinción de las especies?, ¿qué propuso Darwin en su célebre teoría de la selección natural? o ¿hay teorías alternativas al darwinismo?

Complementando a los contenidos del libro hemos desarrollado materiales educativos en el sitio http://bioinformatica.net/evolucion/. Se trata de un sitio *web* que incluye explicaciones sobre qué es un experimento de simulación, así como la historia de la *computación evolutiva*, es decir de las investigaciones que condujeron a la simulación del principio de selección natural de Darwin en un ordenador. Entre otros temas, y orientado a los estudiantes más avanzados, se incluye un tema en el que se describen las técnicas y algoritmos que subyacen en las simulaciones, por ejemplo cómo se simula la recombinación entre cromosomas, la selección natural con una ruleta o qué es un algoritmo genético, etc. Se explican en detalle varios modelos de simulación basados en el principio de selección acumulativa, también conocidos como



MATHEMATICAL DARWINISM

A Discussion of the Genetical Theory of Natural Selection*

By Professor J. B. S. HALDANE

SCIENTIFIC books of permanent value may be divided into two classes. On the one hand are the text-books which summarize a branch of science so as to render it accessible to a new group of readers or clarify its principles. On the other are books which, though often inaccurate in detail, state a new point of view, and lay the foundations of new branches of science. The book before us is of the latter class. It is extremely difficult and highly controversial. Nevertheless it lays down methods by which the problem of evolution, including the present evolution of man, can be discussed with a certain measure of precision. No serious future discussion either of evolution or eugenics can possibly ignore it.

The first five chapters are mathematical, though the conclusions are given in non-mathematical language. The first chapter is of great historical interest, because it shows why Darwin, who believed in the blending theory of inheritance, was logically forced to postulate external causes of heritable variation—and why in the light of our present knowledge, blending inheritance cannot account for any appreciable fraction of observed variation, so that this necessity no longer arises. The next four chapters deal with the effects of selection on populations whose variance is determined by a large number of Mendelian genes. The reasoning is often very difficult, and I believe in at least two cases erroneous, though the errors do not affect the general conclusions of the book. The argument, like all mathematical arguments, is hypothetical. That is to say, it discusses the results which must follow from certain premisses. Nevertheless it would perhaps have had more cogency for the average reader had it been more copiously illustrated by available facts. For example, the views developed in Chapters IV and V would have carried more conviction had reference been made to the author's own proof that Pearson and Lee's data on the inheritance of human stature agree very well with the theory here developed. And reference could with advantage have been made to the quantitative work of Pissarev, Sukatchev, and others on natural selection in cultivated and wild plants.

Perhaps the most sensational and unexpected conclusion which emerges from the mathematics is that selection for a quantitative character may cause a population to go on changing in the direction for which selection has taken place, even after that selection has stopped. We have, therefore, an entirely novel explanation of the apparently useless cases of orthogenesis which seem to be shown in the geological record. The sixth and seventh chapters deal with sexual selection and mimicry. The treatment is less mathematical, and it is possible that some of the arguments would prove to be invalid were they stated in mathematical terms.

But when all such criticisms have been made, it becomes fairly clear that during the next generation any discussions of the problem of gradual evolution which are likely to be of permanent value will take the form of a development, discussion, and perhaps in some cases a refutation, of the arguments stated in the book before us. To quote the author's preface, "It seems impossible that full justice should be done to the subject in this way, until there is built up a tradition of mathematical work devoted

* Fisher, R. A., Sc.D., F.R.S. *The Genetical Theory of Natural Selection*. Oxford, 1930. Clarendon Press. This book was reviewed in the EUGENICS REVIEW of July 1930.

115

Cold Spring Harbor Laboratory. Noncommercial, educational use only.

Figura 3. Teoría de la evolución bajo un enfoque matemático. Reproducción de «Mathematical Darwinism, A Discussion of the Genetical Theory of Natural Selection» de J.B.S. Haldane, Eugenics Review (vol 23:1).

algoritmos evolutivos, incluido el modelo biomorfos de Dawkins. Una vez concluido el estudio de los algoritmos evolutivos se da paso a la explicación de los algoritmos genéticos, es decir a la simulación del principio de selección natural en organismos con recombinación y, por tanto, reproducción sexual. Otro de los temas que se aborda es la relación entre inteligencia y evolución, estudiándose cómo el aprendizaje tiene un efecto sobre la evolución de los organismos. En este tema se explican los modelos de «inteligencia del enjambre», por ejemplo de auto-organización en bandadas de aves o en bancos de peces, así como los modelos de colonias de hormigas. Se incluye una explicación al llamado efecto Bald-

win o evolución ontogénica, concluyendo con el estudio de aquellos organismos con cerebro y. por tanto, que exhiben aprendizaje. El aprendizaje es el resultado de un cambio en la plasticidad sináptica explicándose cómo simular en organismos digitales circuitos de neuronas artificiales. El estudio de los circuitos de neuronas artificiales, denominados *redes neuronales artificiales* es tratado, dado su importancia, en un tema aparte. Aunque no resulte necesario comprender en detalle como se simulan las distintas clases de aprendizaje, los modelos con neuronas artificiales están suficientemente explicados en el libro *Bioinformática. Simulación, vida artificial e inteligencia artificial* (Lahoz-Beltrá, 2004). El sitio *web* incluye, bajo la denominación de *DarwinLab*, proyectos en los que se plantean situaciones experimentales de mayor o menor dificultad, las explicaciones y el *software* necesarios para el desarrollo de las prácticas. Los programas elegidos son una recopilación *freeware* de simulaciones clásicas en computación evolutiva y vida artificial, por ejemplo Gene Pool, Darwin Pond, Bugs, Boids, School Fish, Framsticks, etc. Tanto el *software* como los enlaces que permiten su descarga han sido recogidos en un repositorio, seleccionándose los programas por su valor científico y pedagógico. Aunque todo este material está disponible para cualquier visitante del sitio *web*, en el caso de un curso reglado corresponde al profesor la elección de los materiales adaptándolos al nivel y contenidos del curso.

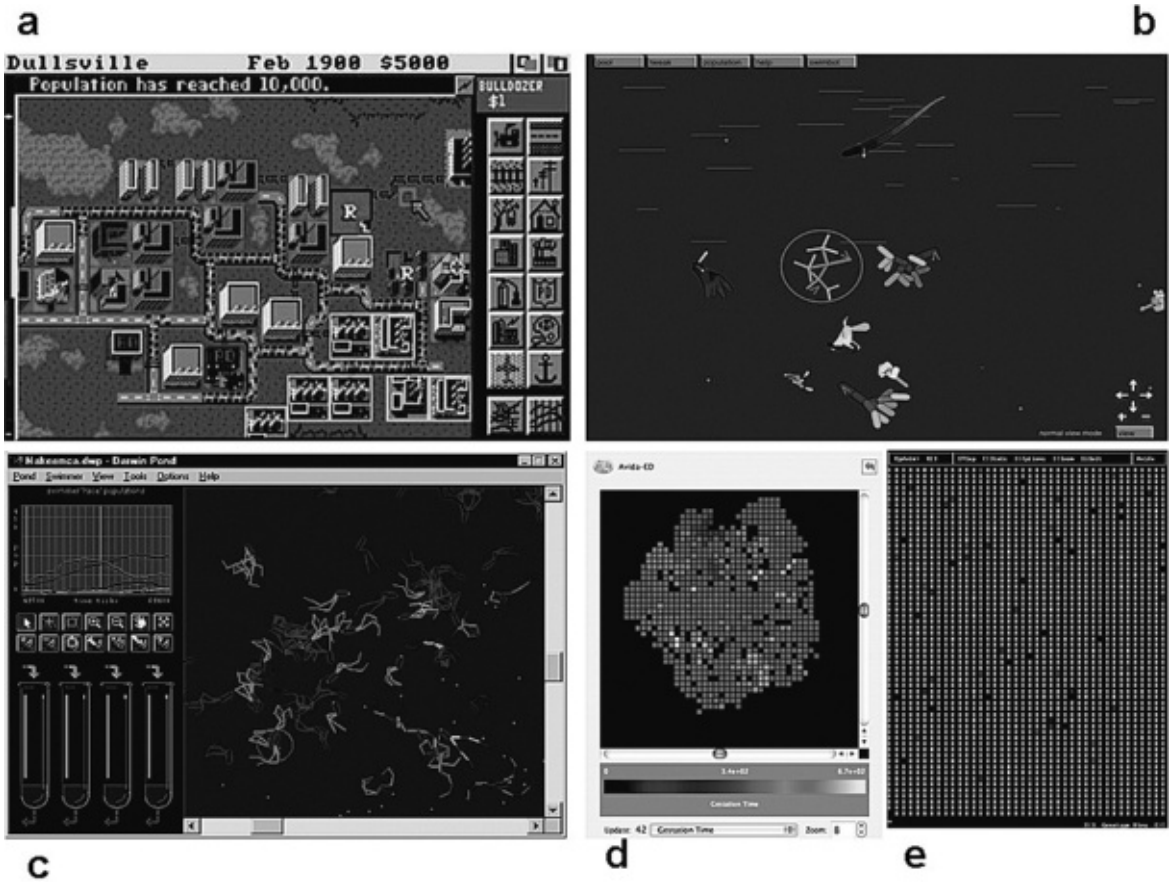


Figura 4. Teoría de la evolución bajo un enfoque constructivista.
Programas (a) SimCity. (b) Gene Pool y (c) Darwin Pond. (d, e) Versiones del simulador Avida, uno de los primeros simuladores que fue aceptado entre microbiólogos y biólogos evolucionistas, y que es utilizado hoy en día en el aula (véase http://avida-ed.msu.edu/).

El material didáctico ha sido organizado en unidades didácticas implementándose como objetos digitales educativos (ODE). Los ODE han sido diseñados y creados con *Cuadernia*, una herramienta desarrollada

por la Consejería de Educación y Ciencia de Castilla-La Mancha[1]. La herramienta dispone de una *interface* de usuario con la que se diseña el ODE (Figura 5) a partir de texto, imagen, ficheros *flash*, vídeo y sonido, incluyendo opciones de realidad aumentada y actividades multimedia. Hemos elegido esta herramienta por sus ventajas, ya que se puede instalar a nivel local, en red (versión servidor) o en memoria USB, permitiendo que los ODE creados sean empaquetados en formato SCORM y por tanto utilizables en Moodle. También incluye herramientas para crear secuencias didácticas (Lección → Actividad → Evaluación) que puedan utilizarse en sistemas LMS (Learning Management System) o VLE (Virtual Learning Environment).

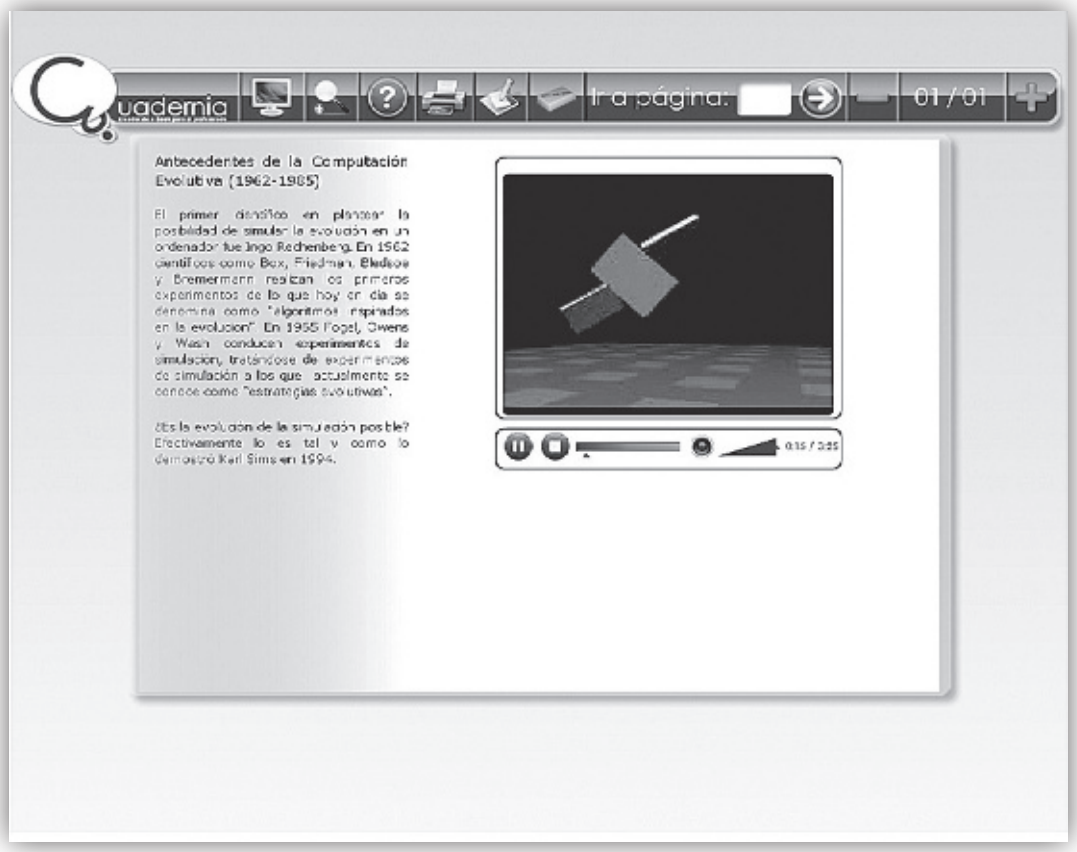


Figura 5. Ejemplo de ODE del sitio *web* http://bioinformatica.net/evolucion/

4. CONCLUSIONES

El paradigma constructivista permite explicar la teoría de la evolución desde una perspectiva experimental haciendo uso del ordenador como si de un tubo de ensayo se tratase. La ventaja de este paradigma es que no solo se explica al estudiante la evolución, sino que además se le familiariza con el (i) diseño experimental, (ii) el trabajo en grupo y (iii) la resolución de problemas bajo un enfoque multidisciplinar. El autor de este artículo ha comprobado durante años el éxito de esta metodología en distintos cursos, ya fueran de Licenciatura, Grado o Máster, planteando a los estudiantes cuestiones teóricas de cierto alcance sobre biología evolutiva y su simulación en ordenador. Los estudiantes fueron capaces de encontrar las respuestas a través de experimentos de simulación e incluso plantear ellos mismos nuevas pre-

[1] Portal de Educación Castilla-La Mancha. Territorio Cuadernia, en: http://www.educa.jccm.es/educa-jccm/cm/recursos/temas/cuadernia (fecha de consulta 18-04-2012).

guntas. Otro mérito de este enfoque es que el estudiante de biología se familiariza con (iv) el uso del ordenador, y por consiguiente con la herramienta en la que se sustentan algunas disciplinas como la bioinformática o la biología sintética.

BIBLIOGRAFÍA

DAWKINS, R. (1976). *The selfish gene, Oxford*, Oxford University Press (trad. esp.: *El gen esgoista*, Barcelona, Salvat, 1989).

DAWKINS, R. (1986). *The blind watchmaker*, Nueva York, Norton (trad. esp.: *El relojero ciego*, Barcelona, RBA, 1993).

DOBZHANSKY, T. (1973). Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution. *American Biology Teacher*, 35, 125-129.

FISHER, R.A. (1930). *The genetical theory of natural selection*, Oxford, Oxford University Press.

LAHOZ-BELTRÁ, R. (2004). *Bioinformática. Simulación, vida artificial e inteligencia artificial*, Madrid, Ediciones Díaz de Santos.

LAHOZ-BELTRÁ, R. (2008). *¿Juega Darwin a los dados?* Madrid, Nivola.

LAHOZ-BELTRÁ, R. (2011). *Las matemáticas de la vida*, Barcelona, RBA Coleccionables.

LAHOZ-BELTRÁ, R., MARTINEZ CALVO, C., PÉREZ DE VARGAS, A., GÓNZALEZ MANTEIGA, M.T., LÓPEZ GONZÁLEZ-NIETO, P., GÓMEZ FLECHOSO, M.A. (2011). Adaptación de las matemáticas para biólogos al Plan Bolonia: dificultades y retos. En GONZÁLEZ MONTERO DE ESPINOSA, M., BARATAS DÍAZ, A. (eds.), *Investigación y Didáctica para las Aulas del Siglo XXI*, Madrid, Santillana, pp. 155-164.

SANZ SERRANO, T. (2007). El reto de enseñar evolución: uso de ejemplos cercanos al alumnado. e*VOLUCIÓN*, 2(2), 69-73.

La realidad aumentada en la enseñanza de la Biología y de la Geología

José Luis Olmo Rísquez

Profesor de Secundaria de Biología y Geología del IES «Guadiana» de Villarrubia de los Ojos (Ciudad Real) y profesor asociado al Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de la Universidad de Castilla-La Mancha (Ciudad Real)
Dirección postal: IES «Guadiana». C/ Institutos n.º 2. Villarrubia de los Ojos, C.P. 13670, Ciudad Real
jlorisquez@yahoo.es

Pilar Calvo de Pablo

Profesora de Secundaria y profesora asociada al Dpto. de Microbiología III, Fac. Biología de la UCM (Madrid)
Dirección Postal: Departamento de Microbiología III. Fac. Biología de la UCM (Madrid)
C/ José Antonio Novais, 2. Ciudad Universitaria C.P. 28040 Madrid
pcalvo@bio.ucm.es

Palabras clave: Realidad aumentada, recursos educativos, Internet, 3D, actividades prácticas.

Keywords: Augmented Reality, educational resources, Internet, 3D, practical activities

Resumen

La educación no se puede quedar al margen de los nuevos desarrollos tecnológicos y la realidad aumentada es uno de ellos. Es una tecnología fácil de utilizar ya que solo se necesitan: un ordenador, una cámara web (webcam), una conexión a internet o bien instalar unos sencillos programas y unos marcadores. El objetivo de este trabajo es presentar una serie de recursos basados en esta nueva tecnología que pueden ser utilizados en nuestra actividad docente como profesores de Biología y Geología, y poner de manifiesto las innumerables posibilidades que la realidad aumentada presenta en el ámbito de la educación.

Abstract

Education cannot be left out of the new technological developments and augmented reality is one of them. This technology is easy to use: you only need a computer with webcam, install a few simple programs, internet and markers. The aim of this paper is to present a series of resources based on augmented reality that might be used for biology and geology learning. This technology may provide many opportunities in the field of education.

Introducción

La realidad aumentada o AR (*Augmented Reality*) está extendiéndose en internet, y cada vez con más fuerza. Esto se debe a que la realidad aumentada ofrece infinidad de nuevas posibilidades de interacción

con muchos y variados ámbitos, como la arquitectura, la publicidad, el entretenimiento, el arte, la medicina, las comunidades virtuales, el medio ambiente y la educación.

En este último ámbito, la realidad aumentada no puede quedarse al margen, aunque todavía el conocimiento y la aplicabilidad de esta tecnología en la docencia son muy escasos respecto a todas las posibilidades que presenta.

Pero ¿qué es la realidad aumentada y qué se necesita para poderla «ver»? De forma general podríamos definirla como una tecnología que complementa la percepción e interacción con el medio real y permite al usuario estar en un entorno real enriquecido con información adicional generada por el ordenador. Otra definición, ligeramente más restringida, propuesta por Ronald Azuma (1997) y que vamos a emplear en este trabajo, es aquella que combina elementos reales y virtuales, es interactiva en tiempo real y está registrada en 3D.

Recursos de realidad aumentada y su empleo en la enseñanza de la Biología y de la Geología

Después de realizar una búsqueda intensa en internet y consultar multitud de direcciones con el fin de conocer algunas aplicaciones de realidad aumentada libres y gratuitas, que podrían utilizarse con fines pedagógicos en nuestra labor docente, se han seleccionado las siguientes: animales del futuro, Lucy y Neandertales, tu aparato digestivo, dinosaurios asturianos, energías renovables, biodiversidad valenciana, ecosistemas en equilibrio y el planeta Tierra.

Para poderla ver se necesita: (1) **el monitor del ordenador**, donde se verá reflejada la suma de lo real y lo virtual que conforma la realidad aumentada, (2) **una cámara web**, que toma la información del mundo real y la transmite al software de realidad aumentada, (3) **el software**, que toma los datos reales y los transforma en realidad aumentada y (4) **unos marcadores** o códigos impresos en papel, que son los símbolos que el software interpreta ofreciendo una respuesta específica que suele ser mostrar una imagen en 3D superpuesta sobre la imagen real captada por la cámara.

Respecto a su utilización consistirá en:

1.º Conectar la cámara y comprobar que funciona.

2.º Imprimir las siluetas o marcadores, en algunos casos es necesario recortarlos.

3.º Instalar los programas o dirigirse directamente a la página web de la aplicación.

4.º Enfocar la cámara sobre los marcadores hasta que sean visibles en el monitor del ordenador.

5.º Mirar la pantalla del ordenador y mover los marcadores hasta que se observen en 3D.

A continuación, se describen los recursos digitales basados en la realidad aumentada, dónde descargarlos o localizarlos y finalmente cómo emplearlos con fines educativos.

1.º Animales del futuro

Nuestra primera experiencia con la realidad aumentada vino de la mano de esta aplicación, que podemos encontrar como complemento a la atracción que Futuroscope tiene de la realidad aumentada sobre unos hipotéticos animales del futuro. Este recurso digital nos va a permitir visualizar de forma tridimensional cuatro animales ficticios.

Dicha aplicación se puede descargar de las siguientes direcciones:

http://dl.dropbox.com/u/11403393/SEMANA%20DE%20LA%20CIENCIA/ANIMALES%20DEL%20FUTURO.rar

http://futuroscope-experience-los-animales-del-futuro.softonic.com/

Página original: http://www.lesanimauxdufutur.com/

¿Cómo podemos aplicar este recurso en el aula?

Estos animales del futuro presentados de esta forma tan espectacular nos pueden valer como preámbulo o actividad introductoria y motivadora para la realización por parte del alumnado de un bestiario del futuro (http://cmcguadiana.blogspot.com/2011/05/bestiario-del-futuro.html), en el que poder poner en práctica lo aprendido en los temas referentes a la evolución biológica.

Otra opción de la que disponemos en Futuroscope es la de interactuar sin marcador o código QR. La cámara web lee nuestra cabeza y sobre ella sitúa un animal del futuro muy peculiar.

http://dl.dropbox.com/u/11403393/SEMANA%20DE%20LA%20CIENCIA/Futuroscope_LaRencontre_Installer.exe

2.º Los Neandertales y Lucy

Curiosa aplicación realizada por el Museo Británico de Historia Natural que permite que un hombre de Neandertal (*Homo neanderthalensis*), especie extinta hace 30.000 años, camine delante de nosotros, al igual que Lucy, el espécimen más conocido de *Australopithecus afarensis*, que vivió en África hace entre 3,9 y 3 millones de años.

Dichas aplicaciones se pueden visualizar y descargar los marcadores necesarios en las siguientes direcciones:

Hombre de Neandertal

http://www.nhm.ac.uk/nature-online/life/human-origins/neanderthal-ar/

http://www.nhm.ac.uk/resources/interactives/ar/assets/nhm_marker.pdf

Lucy

http://www.nhm.ac.uk/nature-online/life/human-origins/lucy/index.html

http://www.nhm.ac.uk/resources/interactives/ar/assets/nhm_marker.pdf

¿Cómo podemos aplicar este recurso en el aula?

En este ejemplo de realidad aumentada observamos la reconstrucción de un australopiteco y hombre de Neandertal en tres dimensiones y además en movimiento, lo que nos permite utilizarlo como material motivador e introductorio a la evolución humana. Lo ideal sería disponer de más reconstrucciones para poder realizar una comparación en 3D de todos nuestros parientes homínidos.

Más información:

http://www.muyinteresante.es/un-neanderthal-en-3d-pasea-por-tu-mesa

3.º Tu aparato digestivo

Es un ejemplo muy sencillo de realidad aumentada aplicada al estudio de la anatomía del cuerpo humano. En este caso podemos visualizar de forma tridimensional nuestro aparato digestivo.

Los enlaces para su descarga son:

http://learnar.org/bio_organs_demo.html

http://learnar.org/docs/LAR_markers_LAR.pdf

¿Cómo podemos aplicar este recurso en el aula?

Cuando estemos explicando la anatomía del cuerpo humano y, más concretamente, el aparato digestivo podemos utilizar esta aplicación para ver la disposición de los órganos dentro del tórax y poderlos comparar con las imágenes del libro de texto y del muñeco clástico. Esto permitirá, por tanto, enriquecer nuestra explicación al utilizar una gran diversidad de recursos.

Actualmente, podemos encontrar en el mercado los «Magic book» o «AR books», basados en la realidad aumentada, donde con unos visores o bien con el ordenador podemos ver las imágenes virtuales en 3D. En castellano están a nuestra disposición varios ejemplares, uno de ellos dedicado al cuerpo humano:

http://www.enmovimiento.macmillan.es/

http://users.dsic.upv.es/~mcarmen/docs/HumanBody.pdf

http://learnar.org/

4.º LOS DINOSAURIOS ASTURIANOS

El MUJA (Museo Jurásico de Asturias) ha realizado una AR sobre cuatro grandes dinosaurios: dos carnívoros (alosaurio y tiranosaurio) y dos herbívoros (diplodocus y estegosaurio). Los dinosaurios se pueden mover por medio de las flechas del teclado.

Dicha aplicación se puede descargar de las siguientes direcciones:

http://www.publico.es/especial/dinosaurios/

http://www.box.com/s/i1euprah3prfnuoqrlgp

Página original:

http://www.museojurasicoasturias.com/index.php?option=com_content&view=article&id=123

¿Cómo podemos aplicar este recurso en el aula?

Los dinosaurios son un excelente material para explicar las características generales de la biología de los animales vertebrados y, al ser un grupo ya extinto, suele llamar la curiosidad de la mayoría del alumnado. Este recurso digital puede emplearse como un complemento a las imágenes y vídeos utilizados al tratar los contenidos referidos a la vida en el Mesozoico, la extinción de las especies, las cadenas tróficas o la biología de los dinosaurios. A su vez, se puede establecer una discusión o debate dentro del aula para conocer y comprender mejor a este singular grupo de animales al explicar las peculiaridades que presentan estas cuatro especies de dinosaurios (*Allosaurus* sp. *Tyrannosaurus rex*, *Diplodocus* sp y *Dacentrurus armatus*).

5.º LAS ENERGÍAS RENOVABLES

La empresa General Electric tiene la sede web «Smart Grid», un sitio muy dinámico donde se explica brevemente los beneficios para los usuarios de las energías renovables. En ella podemos localizar dos sorprendentes modelos de producción de energías renovables a través de la realidad aumentada. Uno de ellos, Wind Turbine trata de una central eólica con generadores; al soplar sobre el micrófono se oye el sonido del viento y los molinos comienzan a girar más rápidamente. El otro modelo, Solar Energy, es una central solar fotovoltaica con paneles y una representación muy lograda del sol.

Los enlaces para su visualización y descargar de marcadores son:

http://ge.ecomagination.com/smartgrid/#/augmented_reality

http://ge.ecomagination.com/smartgrid/ar/printme.pdf

¿Cómo podemos aplicar este recurso en el aula?

Es un recurso digital muy interesante que nos sirve como material complementario a la hora de explicar las energías renovables y comprender las ventajas e inconvenientes de ambos tipos de energías. A los alumnos les resultará muy sorprendente y motivador, ya que no esperan un modelo en 3D tan sofisticado. Este tipo de material, a diferencia de las imágenes y vídeos, permite al alumno interactuar y poderse mover dentro de ella.

6.º La biodiversidad valenciana

Interesante aplicación de la realidad aumentada realizada por el Banco de Datos de Biodiversidad de la Comunidad Valenciana, donde se muestra una de las especies que se encuentra amenazada en dicha Comunidad, la lechuza (*Tyto alba*). Además, se incluye información básica sobre dicha ave.

Los enlaces para su visualización y descarga de marcadores son:

http://www.marque.es/biodiversitat/

http://www.marque.es/biodiversitat/marker.pdf

¿Cómo podemos aplicar este recurso en el aula?

Este recurso digital nos puede servir como actividad introductoria y motivadora al tema de las aves o bien para entablar un debate sobre las especies amenazadas y en peligro de extinción.

Una experiencia relacionada con la aquí descrita consiste en la creación de un «zoo aumentado», es decir, traer al centro escolar un zoológico con esta tecnología. Para ello se colocan imágenes grandes (fotografías) de animales, distribuyéndolas por la clase o vestíbulo del centro. Al lado de cada imagen se muestra un marcador o código QR que puede darnos información del animal o mostrarlo en 3D, como en el caso de la lechuza. Algo parecido, ha sido realizado por Temaikén (un bioparque argentino) en la ciudad de Buenos Aires, donde los chicos descubrían algunas de las aves del bioparque por medio de la realidad aumentada.

Para más información:

http://www.marque.es/blog/?s=biodiversidad+valencia

http://www.educomunicacion.com/2009/11/realidad-aumentada-aplicada-ambient.html

7.º Ecosistemas en equilibrio

En esta ocasión tenemos un juego gratuito con realidad aumentada que nos permite apreciar el valor de los ecosistemas y la complejidad de su equilibrio. El juego transcurre en cuatro fases de dificultad creciente, en las que tendremos que equilibrar la salud ecológica y los factores ambientales que conforman el entorno teniendo en cuenta el impacto social y económico que provocan nuestras acciones.

Son tres los entornos que componen el juego: una ciudad, un bosque y un pueblo costero. Según nuestras acciones veremos cómo los ríos están más o menos contaminados, de qué manera se mejora el tráfico, la contaminación por gases, etc.

La finalidad del juego consiste en ser los más rápidos en equilibrar el ecosistema. Para ello, tendremos que contestar un conjunto de preguntas de opción múltiple. Por tanto, nos encontramos ante un juego, herramienta didáctica y realidad aumentada todo en uno. Esta aplicación la ha elaborado el Instituto Tecnológico de Castilla-León bajo el nombre estARteco. Actualmente tenemos una versión de demostración gratuita y muy pronto dispondremos de la versión completa, también gratuita.

Las direcciones para su visualización y descarga son:

http://www.estarteco.com/es/demo

http://www.estarteco.com/ar_patterns/Marcas-demo-online-realidad-aumentada-estarteco.pdf

http://www.estarteco.com/

¿Cómo podemos aplicar este recurso en el aula?

Se trata de una excelente aplicación para el estudio de los ecosistemas y las repercusiones que sobre ellos tienen las actividades humanas. Al ser un juego, el éxito está garantizado, ya que el alumnado tendrá que ponerse a prueba para poder superar los diferentes retos y conseguir lo más rápidamente el equilibrio ecológico, para lo cual tendrá que manejar y poner en práctica conceptos como: contaminación, deforestación, gases efecto invernadero, problemas ambientales, energías renovables, ecosistema, población, etc.

Para más información:

http://www.estarteco.com/es/noticias

http://www.estarteco.com/es/contacto

8.º El planeta Tierra

Nuestra última aplicación escenifica al planeta Tierra girando sobre sí mismo. Podemos decir literalmente que tenemos el mundo en nuestras manos. Además, nos relata las principales características de nuestro planeta Tierra según la información extraída de la serie documental «Completa guía del cosmos».

Las direcciones para su visualización y descarga de enlaces son:

http://www.qualitynet.es/realidad-aumentada/realidad-aumentada.asp

http://www.qualitynet.es/realidad-aumentada/Marcador-Qualitynet.pdf

¿Cómo podemos aplicar este recurso en el aula?

Nuevamente, este recurso digital nos puede servir como actividad de introducción y motivación al estudio de la geología de la Tierra. Además, la información sonora se puede emplear para realizar diversas actividades relacionadas con las principales características de nuestro planeta.

Para más información:

http://www.qualitynet.es/realidad-aumentada/Realidad-Aumentada-Qualitynet.pdf

Conclusión

La tecnología de la realidad aumentada tiene un potencial increíble en la educación, aunque todavía en este ámbito no ha tenido un gran desarrollo. No obstante, el profesorado no se puede quedar al margen de esta realidad tecnológica y, por tanto, debemos conocerla y aprovechar al máximo todas sus posibilidades. De todas las herramientas que nos ofrece para el proceso de enseñanza y aprendizaje, quizás sea el aspecto referido a la motivación el que se manifieste como más satisfactorio para después ir dando paso a la mejora de las diferentes competencias.

Bibliografía

AR-BOOKS. (s.f.). Recuperado el 30 de junio de 2012, de http://www.ar-books.com/index.php

Augmented Reality Team (s.f.) Vídeos. Recuperado el 30 de junio de 2012, de http://virtual.vtt.fi/virtual/proj2/multimedia/index_dm.html

Aumentality Blog (s.f.). Recuperado el 30 de junio de 2012, de http://blog.aumentality.com/category/realidad-aumentada/

Azuma, R. (1997). A survey of Augmented Reality [Versión electrónica], *Teleoperators and Virtual Environments* 6, 4, 355-385. Recuperado el 30 de junio de 2012, de http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf

Bestiario del futuro (2011). Recuperado el 2 de mayo de 2012, de http://cmcguadiana.blogspot.com.es/2011/05/bestiario-del-futuro.html

Bongiovanni, P (2009). Realidad Aumentada aplicada: ambient marketing. Recuperado el 30 de junio de 2012, de la web *Educomunicacion.com*, de http://www.educomunicacion.com/2009/11/realidad-aumentada-aplicada-ambient.html

Bongiovanni, P (2011). ¿Qué aumenta la Realidad Aumentada en Educación?. Recuperado el 30 de junio de 2012, de http://prezi.com/wtn_5g9uxqk9/que-aumenta-la-realidad-aumentada-en-educacion/

Bongiovanni, P (2012). Realidad Aumentada en la Escuela: Tecnología, experiencias e ideas. Recuperado el 30 de junio de 2012, de la web *Educ@contic el uso de la TIC en las aulas,* de http://www.educacontic.es/blog/realidad-aumentada-en-la-escuela-tecnologias-experiencias-e-ideas

Estarteco (s.f.) Realidad aumentada al servicio de los ecosistemas. Recuperado el 30 de junio de 2012, de http://www.estarteco.com/

Futuroscope (s.f.) *Les Animaux du Futur, première expérience de réalité augmentée.* Recuperado el 2 de mayo de 2012, de http://www.lesanimauxdufutur.com/

Inbar, O. (2008). *Top 10 augmented reality demos that will revolutionize video games.* Recuperado el 30 junio de 2012, del sitio web *Games Alfresco,* http://gamesalfresco.com/2008/03/03/top-10-augmented-reality-demos-that-will-revolutionize-video-games/

Juan, C., Beatrice, F., Cano, J. (s.f.). *An Augmented Reality System for Learning the Interior of the Human Body.* Recuperado el 30 de junio de 2012, de http://users.dsic.upv.es/~mcarmen/docs/HumanBody.pdf

Learnar (s.f.) *Biology: organs.* Recuperado el 30 de junio de 2012, de http://learnar.org/bio_organs_demo.html

Learnar (s.f.) *Indroducing, learnAR, a new learning tool that brings investigative, interactive and independent learning to life!* Recuperado el 30 de junio de 2012, de http://learnar.org/

Lippenholtz, B (2008). La realidad aumentada. Educación e inmersión. Una buena dupla para reflexionar sobre las posibilidades de las nuevas tecnologías. Recuperado el 30 junio de 2012, del sitio web *Educar* del portal educativo del estado argentino, http://portal.educ.ar/debates/educacionytic/inclusion-digital/la-realidad-aumentada-educacio.php

Macmillan infantil y juvenil (s.f.). Realidad aumentada. Colección en movimiento. Recuperado el 30 junio de 2012, de http://www.enmovimiento.macmillan.es/

Museo del Jurásico de Asturias (MUJA) (s.f.) Dinosaurios en tu mano con la realidad aumentada. Recuperado el 30 de junio de 2012, de http://www.museojurasicoasturias.com/index.php?option=com_content&view=article&id=123

Muy interesante (2012). En el futuro la realidad estará «aumentada». Recuperado el 30 de junio de 2012, de http://www.muyinteresante.com.mx/tecnologia/303942/realidad-aumentada

Natural History Museum (s.f.) *Augmented reality Neanderthal.* Recuperado el 2 de mayo de 2012, de http://www.nhm.ac.uk/nature-online/life/human-origins/neanderthal-ar/

Natural History Museum (s.f.) *Augmented reality Lucy.* Recuperado el 30 de junio de 2012, de http://www.nhm.ac.uk/nature-online/life/human-origins/lucy/index.html

Olmo, J.L, (2011). La realidad aumentada y el medio ambiente [Versión electrónica], *Ecoaula*, 13, 20-21. Recuperado el 30 de junio de 2012, de http://issuu.com/revistaecoaula/docs/ecoaula_n__13__2011_

Público.es (s.f.) Museo del Jurásico de Asturias. Recuperado el 30 de junio de 2012, de http://www.publico.es/especial/dinosaurios/

Qualitynet (2009). Realidad Aumentada. Entorno físico en un mundo real. Recuperado el 2 de mayo de 2012, de http://www.qualitynet.es/realidad-aumentada/realidad-aumentada.asp

Realidad aumentada – biodiversidad valenciana (s.f.) Recuperado el 30 de junio de 2012, de http://www.marque.es/biodiversitat/

Sanz, E. (2011). Un Neanderthal en 3D pasea por tu mesa. Recuperado el 2 de mayo de 2012, del sitio web de la revista *Muy interesante*, http://www.muyinteresante.es/un-neanderthal-en-3d-pasea-por-tu-mesa

Smart Grid (s.f.) See *a digital hologram of Smart Grid technology come to life in your hands*. Recuperado el 30 de junio de 2012, de http://ge.ecomagination.com/smartgrid/#/augmented_reality

Valencia, E. (2010). Realidad Aumentada: especies amenazadas de la Comunidad Valenciana. Recuperado el 30 de junio de 2012, del blog *Marque*, de http://www.marque.es/blog/?s=biodiversidad+valencia

Vallejo, C (2010). Realidad aumentada. Recuperado el 30 junio de 2012, del sitio web Observatorio Tecnológico del Ministerio de Educación y Cultura de http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/es/cajon-de-sastre/38-cajon-de-sastre/922-realidad-aumentada

Efectos de la contaminación del suelo en plantas de cultivo: experiencias docentes de transversalidad e incorporación de las TIC para escolares españoles y dominicanos

María Jesús Gutiérrez-Ginés

Ud. Docente de Ecología. Dpto. Ciencias de la Vida. Universidad de Alcalá. Ctra. Madrid-Barcelona, km 33,6, 28871, Alcalá de Henares (Madrid)
mjesus.gutierrezg@uah.es

Ángel Mínguez

Colegio Santa Cruz, Avda. Burgos, 3, 19005, Guadalajara
angel.minguez@colegiosantacruz.org

Ana J. Hernández

INSE: Instituto de Investigación Socioeducativa, Calle Pina, 210, Sto. Domingo, República Dominicana
anaj.hernandez@uah.es

Palabras clave: Interdisciplinariedad, integración competencias básicas y digital.

Key words: Interdisciplinarity, integration of digital and basic competences.

Resumen

La contaminación de los suelos es un tema poco y mal tratado en los contenidos básicos que forman los *curricula* de la enseñanza obligatoria tanto en España como en muchos países latinoamericanos. La dificultad que entraña la percepción de este tipo de contaminación, en comparación a la del aire y del agua, hace complejo el aprendizaje de este tema. Para resolver esta problemática, se diseñaron y probaron dos instrumentos didácticos sencillos y complementarios (uno de laboratorio escolar y otro de utilización de las TIC), encaminados a la comprensión de los efectos de la contaminación del suelo en la salud por parte de estudiantes de 14-16 años.

Abstract

Soil pollution is a rarely and poorly treated subject in the basic contents that constitute the curriculum of compulsory education in Spain and many Latin American countries. The difficulty with the perception of this type of pollution, compared to air and water, makes learning this subject complex. To resolve this problem, we designed and tested two simple and complementary educational tools (one of school laboratory and other of using the ICT) aimed at understanding the effects of soil pollution on health by 14-16 year-old students.

Introducción y planteamiento del trabajo

El conocimiento del suelo ha venido siendo objeto de nuestra investigación didáctica durante muchos años (figura 1). Recientemente surge la hipótesis de que la contaminación de los suelos es un tema poco o mal tratado en los contenidos básicos que forman los *currricula* de la enseñanza obligatoria en muchos países latinoamericanos, al igual que en España. Esto nos llevó a investigar el tratamiento que se viene dando a dicho tema en los libros de texto aprobados por las autoridades educativas en los últimos años, tanto en nuestro país como en la República Dominicana, donde venimos trabajando acerca de los efectos de la contaminación de suelos (figura 2). La carencia de dichos contenidos nos hace proponer los trabajos de Kabata-Pendias y Mukherjee (2007)[1], Hernández y Bartolomé (2010)[2], Hernández y Pastor (2011[3] y 2012[4]), Gutiérrez-Ginés y col. (2011)[5] como apoyo para el profesorado.

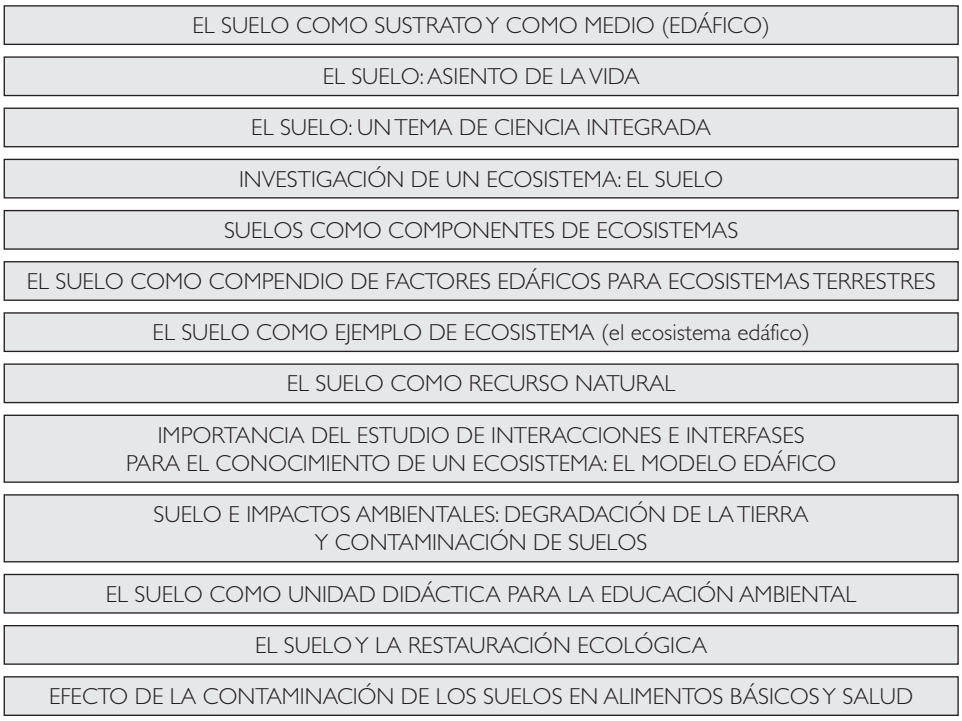


Figura 1. Enfoques del suelo experimentados en distintas programaciones didácticas según el orden cronológico de su realización.

Los contenidos curriculares de la enseñanza secundaria suelen dar referentes acerca del uso de pesticidas y de los fertilizantes inorgánicos (fosfatos y nitratos esencialmente) en la agricultura. Sin embargo, no

---

[1] Kabata-Pendias A.Y Mukherjee A.B. (2007). *Trace Elements from Soil to Human*, Berlin and Heidelberg, Springer-Verlag, p. 550.

[2] Hernández, A.J y Bartolomé, C (eds.) (2010). *Estudio multidisciplinar de vertederos sellados. Caracterización y pautas de recuperación*, Alcalá de Henares, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alcalá, p. 225.

[3] Hernández, A.J. y Pastor, J. (2011). *El impacto ambiental de la minería y de los residuos urbanos e industriales. Sensibilización científica y desafíos para la ciudadanía dominicana*, Santo Domingo, CCPoveda, p. 143.

[4] Hernández, A.J. y Pastor, J. (2012). Respuestas de las comunidades y las poblaciones a los contaminantes del suelo para predecir efectos ecotoxicológicos: estudio de casos en emplazamientos mediterráneos y tropicales. En Millán, R. y Lobo, C. (eds.), *Evaluación y recuperación de emplazamientos degradados y/o contaminados*, Madrid, CIEMAT, pp. 557-601.

[5] Gutiérrez-Ginés, María J.; Pastor, J. y Hernández, A. J. (2011), Impacto de la contaminación por Cu, Zn, y Pb de suelos de minas abandonadas en una especie cultivada en ellos. En: Aguado J., *et al.* (eds.) *Terceras Jornadas de Jóvenes Investigadores de la Universidad de Alcalá*, Alcalá de Henares, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alcalá, pp. 105-116.

suele ser tan conocida la problemática, quizá más importante, de la contaminación de suelos por metales pesados. Esta contaminación puede ser consecuencia de vertidos no adecuados, o de deposición a causa de explotaciones mineras; incluso de las prácticas de tala y quema de bosques tropicales que dejan en superficie metales que estaban en capas menos superficiales del suelo. En muchos casos, esos suelos son utilizados para la agricultura, por lo que los metales pueden pasar a los vegetales bien directamente por la absorción de los mismos del suelo, o porque son regados con aguas que llevan cantidades importantes de los mismos; posteriormente pueden ser consumidos por los animales y las personas. Los riesgos derivados de su consumo son debidos a que esos metales se van acumulando en la cadena alimenticia (bioacumulación). Puesto que los suelos con este tipo de contaminación pueden ser perjudiciales para la salud, nos hemos querido centrar en este tipo de contaminación para su incorporación educativa, dado que es un problema generalizado en muchos países.



Figura 2

Metodología empleada, material y métodos

Se diseñaron y probaron dos instrumentos didácticos sencillos y complementarios (uno de laboratorio escolar y otro de utilización de las TIC), que combinan los siguientes criterios: (1) que se puedan percibir algunos efectos de la contaminación del suelo en un periodo corto de tiempo; (2) que dicha contaminación responda a casos frecuentes; (3) que se usen plantas de cultivos básicos en alimentación, y cuyo manejo sea fácil para estudiantes de 14-16 años; y, (4) que permita comprender la transversalidad de un tema curricular y la interdisciplinariedad de las ciencias de la naturaleza entre sí y con las ciencias sociales.

El primer instrumento trata de un experimento en el que semillas de habas y maíz (compradas en el mercado) se siembran en suelos contaminados que son conocidos previamente por nosotros. El segundo instrumento supone la continuación del primero mediante el registro digital tomado (fotografías y datos); a partir del cual se elaboran unas diapositivas en *PowerPoint* que se copian en un CD que se distribuye en el aula de informática del centro educativo a través de la red de ordenadores. Esto permite, además, consultar en Internet información para la discusión de los efectos percibidos.

La puesta a punto de los instrumentos se ha llevado a cabo con dos colectivos: 40 estudiantes de último curso de la Licenciatura en Biología de la Universidad de Alcalá y 24 maestras/os de escuelas públicas dominicanas. Después se han implementado con estudiantes de 3.º y 4.º de la ESO (el primer instrumento en 3.º y esos mismos alumnos utilizaron el 2.º al llegar a 4.º).

Con ligeras variaciones relativas a los colectivos participantes en la investigación (como los suelos utilizados para el experimento y/o lenguaje apropiado), se elaboró una programación que incluye el diseño experimental (ver figura 3), así como fichas para la recogida de datos de la monitorización requerida en la utilización del instrumento 1 (ver figura 8). El instrumento 2 fue elaborado a base de fotografías realizadas por nosotros en el transcurso de la puesta a punto del instrumento 1, así como de su realización por los estudiantes de 3.º ESO y las tablas de los resultados obtenidos. Todo ello se copió en un CD que por el momento no ha sido publicado, pero fue utilizado para las actividades relacionadas con 4.ª ESO.

Para los estudiantes de secundaria se seleccionaron 4 suelos contaminados, dos correspondientes a la cubierta edáfica de dos vertederos sellados ubicados en la Comunidad de Madrid, y otros dos correspondientes al territorio sur dominicano con explotación de bauxita. Ambos presentan un conjunto de varios metales pesados y aluminio en su capa más superficial, aunque en distintas proporciones, pero con valores superiores a los considerados como referentes de un suelo no contaminado. El suelo control, lógicamente, no posee contaminantes. Ambos suelos fueron recogidos previamente por nosotros.

El tiempo necesario para la realización del instrumento 1 es de 8 h de trabajo colectivo + 2 h de trabajo en equipo + 2 h trabajo personal (incluye regar un día el bioensayo). Y el tiempo de trabajo con el instrumento 2 es de 3 h por pareja + 2 h trabajo colectivo + 1 h de trabajo personal.

Resultados

A. Instrumento 1: «Percepción de efectos de la contaminación del suelo en plantas de cultivo»

Las semillas elegidas para ser cultivadas corresponden a las de la judía y el maíz (*Phaseolus vulgaris* y *Zea mays*, respectivamente). El cultivo de estas plantas es muy común en los dos países en los que pusimos a punto el instrumento, por lo que las hemos utilizado con los estudiantes de la ESO. A este colectivo es al que hacemos referencia en los resultados obtenidos.

La percepción y preparación de suelos y semillas para germinar llevan un total de 4 horas de trabajo colectivo entre toda la clase. Suele ser importante la utilización de una mañana completa de viernes a fin de poder sembrar el viernes siguiente. En las figuras 4 a 7 se pueden observar algunas de las actividades realizadas para el montaje del bioensayo. Durante cada una de las 8 semanas que dura el experimento, se rotan los equipos formados en la clase para hacer la monitorización de las variables de todo el bioensayo, así como para el riego de las macetas. Con ello logramos que cada alumno pase, al menos una vez, por cada una de las actividades diseñadas para recoger la información de las variables que se miden (figura 8). Los principales síntomas que se pueden observar en las hojas son el punteado blanco en el haz, el color amarillo (clorosis), el enroscamiento, las puntas marrones o la caída de las mismas (figuras 9 y 10).

Este experimento fue levantado por los estudiantes (figura 11) y secuenciado de forma fotográfica por los profesores hasta la realización de los análisis químicos efectuados y para montar el 2.º instrumento. Las actividades relativas a la observación y medidas de las raíces, se consigue en esta fase final del bioensayo referido.

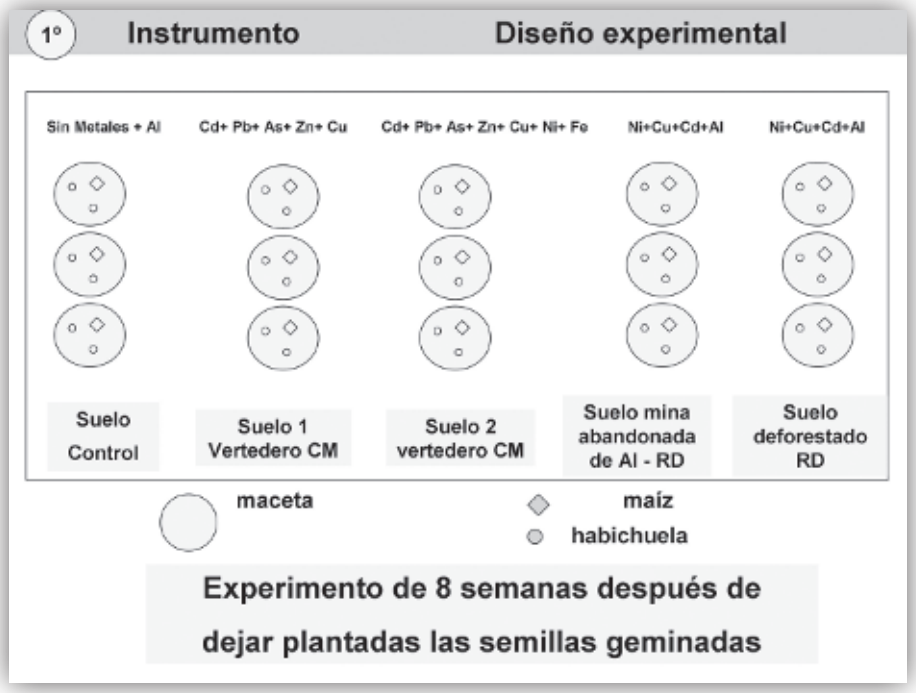
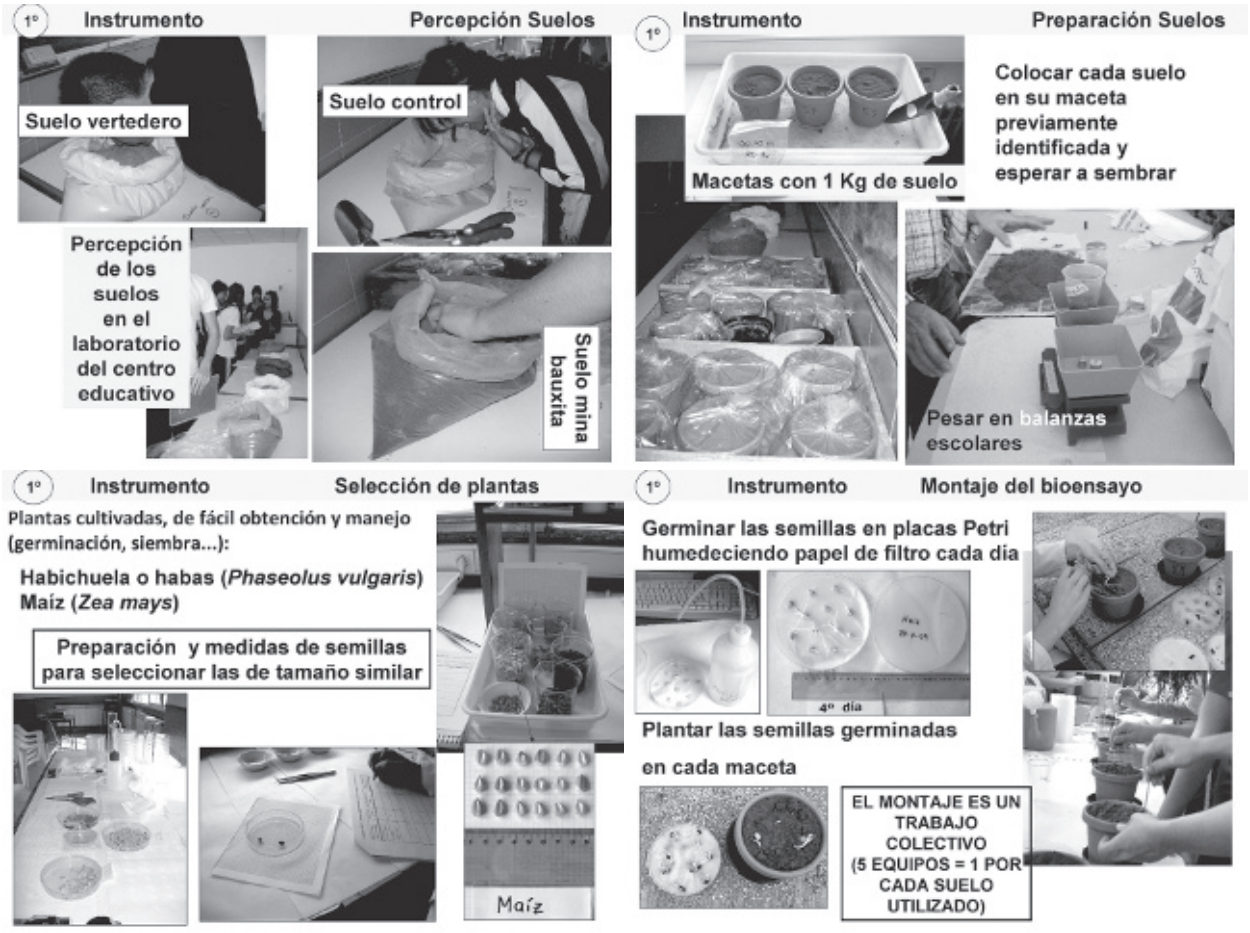


Figura 3. Diseño experimental del instrumento I utilizado en 3.ª ESO.



Figuras 4, 5, 6 y 7. Actividades para el montaje del bioensayo.

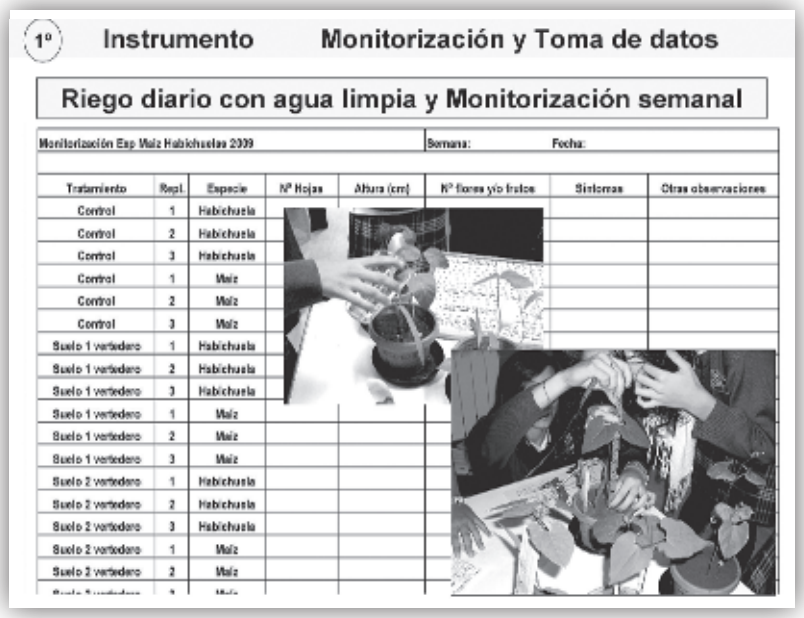


Figura 8

La preparación del material vegetal para los análisis químicos y realización de los mismos ha sido efectuada por los autores de este trabajo: moler las muestras vegetales secas para homogeneizarlas, extracción de metales pesados mediante digestión ácida con ácido nítrico y perclórico, análisis del extracto mediante espectrometría de emisión óptica por plasma (ICP-OES), y los cálculos para transformar los datos obtenidos (de mg/l a mg/kg).



Figuras 9 y 10. Efectos de la contaminación del suelo en hojas.

B. Instrumento 2: Estudio de resultados y discusión de la acción de varios metales pesados y de aluminio de suelos contaminados sobre las plantas cultivadas y la salud humana

Este segundo instrumento didáctico consta de una colección de diapositivas *PowerPoint* elaboradas con la secuencia fotográfica completa desde el inicio del bioensayo, incluyendo la elaboración de resultados y material de apoyo con pauta-guía para utilizar Internet. Todo ello con el fin de que los y las estudiantes de 4.º ESO puedan discutir sus propios resultados. Mediante parejas, estudian los contenidos fundamenta-

les acerca de la respuesta de las dos poblaciones vegetales que habían cultivado en los suelos contaminados utilizados en las macetas. La figura 12 muestra cómo aparece en pantalla el listado de datos obtenidos. La elaboración de algunos resultados a partir de los mismos se expone en las figuras 13 a 16.

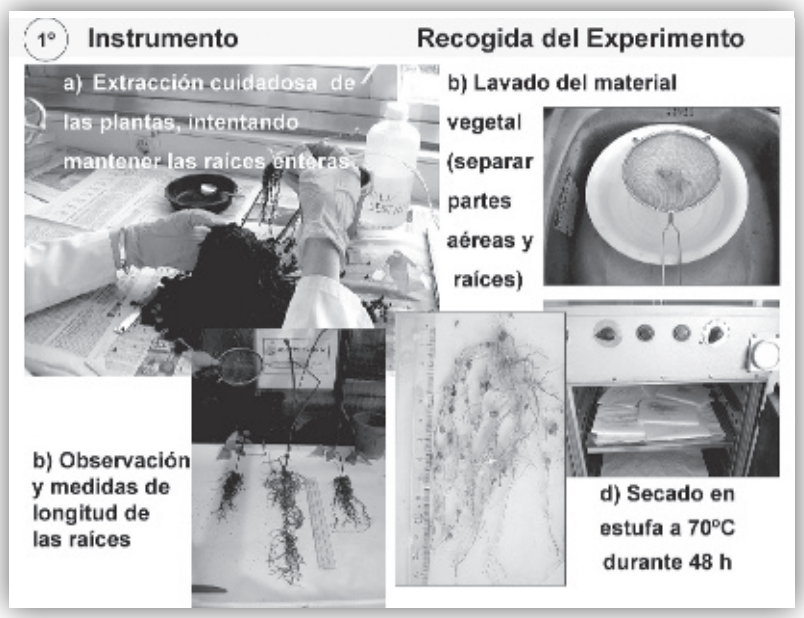


Figura 11. Actividades realizadas al levantar el experimento.

Estos resultados permiten realizar la discusión atendiendo a (1) las deducciones de la biomonitorización, que pueden poner de manifiesto los efectos de los metales del suelo para las dos poblaciones cultivadas, y (2) la cantidad de metales que estas dos poblaciones pueden acumular y, por lo tanto, pueden ser ingeridas por animales que, a su vez, puedan ser consumidos por nuestra especie. Se llama así la atención acerca del efecto de bioacumulación de los metales pesados en la cadena trófica y de la toxicidad potencial de los mismos.

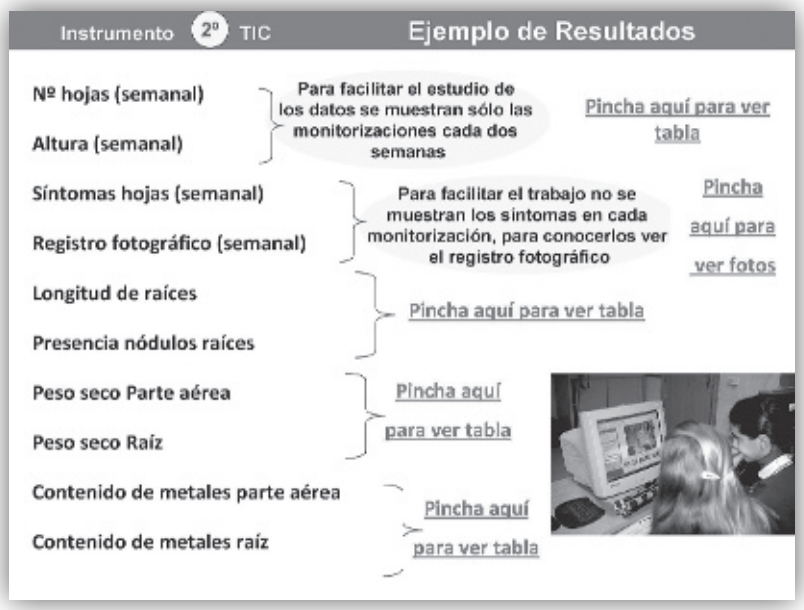
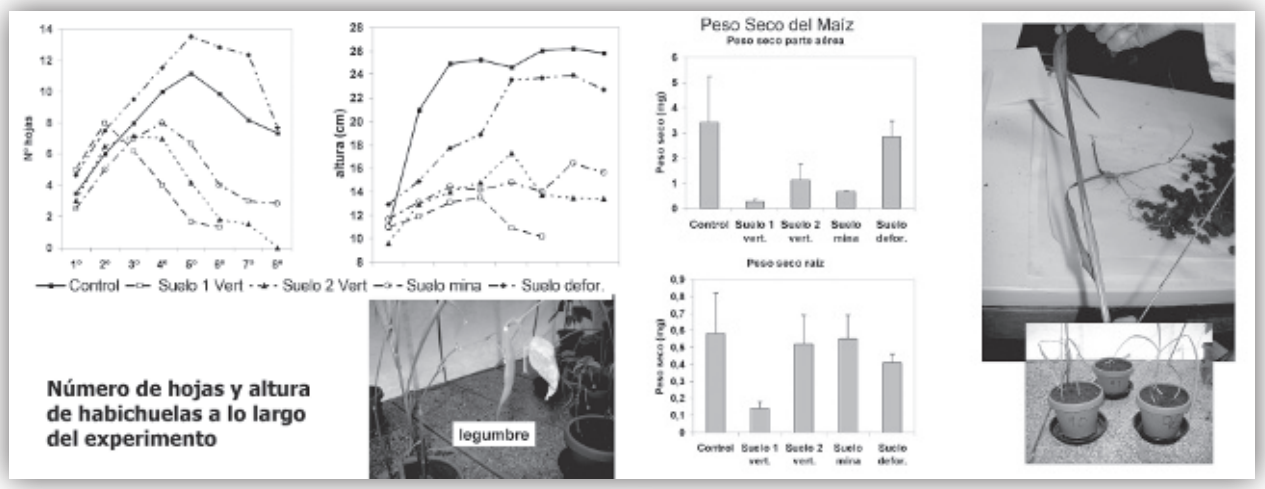


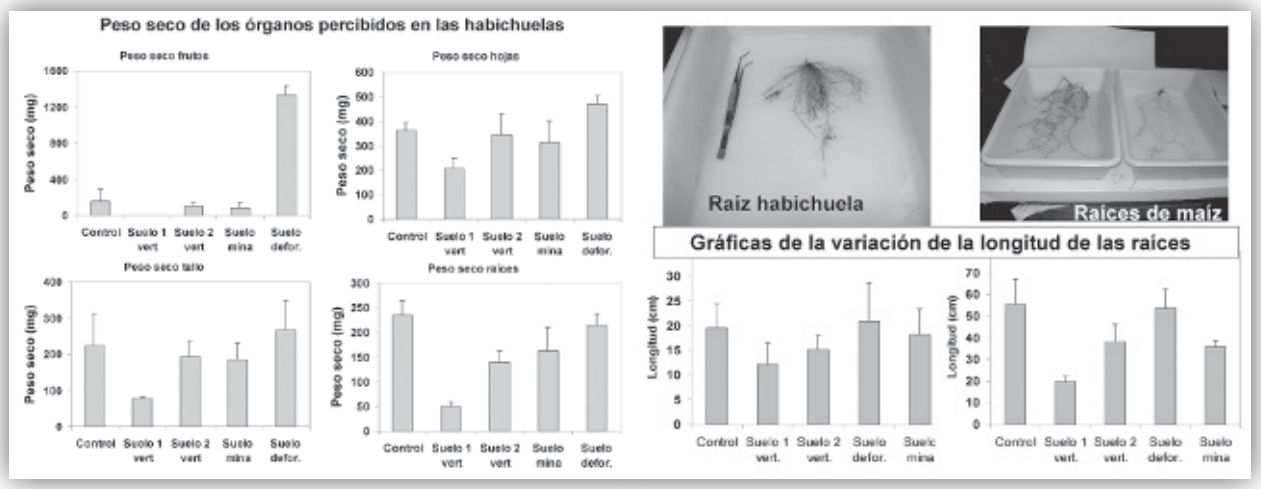
Figura 12

Para facilitar la discusión de dichos aspectos, se prepararon fichas-guía como la que se muestra en la figura 17 o fichas de apoyo, como la que se expone en la figura 18.

Así mismo, se podrán estudiar algunas de las enfermedades crónicas y trastornos causados por deficiencias o excesos de determinados elementos en las poblaciones humanas que se alimentan con los cultivos estudiados o con animales que los han comido como forraje (caso del maíz, por ejemplo); incluso cuando materiales verdes como hojas y raíces se utilizan como «abono verde» incorporando los metales pesados que contienen otra vez al suelo. Podemos así hablar de las denominadas «ecopatologías». Por ejemplo, se puede observar en pantalla cómo el Cu es sin duda el metal pesado que más toxicidad parece provocar en *Phaseolus vulgaris*. Los resultados muestran que este elemento alcanza niveles muy altos en los frutos de la leguminosa estudiada, sobre todo si se cultiva en suelos con mucho aluminio. Los altos contenidos en este elemento y la disminución del peso seco de las judías también han sido puestos de manifiesto. De 2 a 250 mg de Cu /100 g suelo este metal puede ser tóxico para las plantas cultivadas y, dado que este nutriente mineral, unido al Zn, suele ser aportado por las legumbres a la dieta, los niveles alcanzados por los mismos en los frutos pueden ocasionar efectos tóxicos.



Figuras 13 y 14. Ejemplo de resultados obtenidos en la biomonitorización.



Figuras 15 y 16. Exposición de resultados en forma gráfica relativos a parámetros obtenidos después de levantar el experimento de las macetas.

- ¿Cuáles de los resultados se pueden utilizar para estudiar los efectos de los suelos contaminados por metales en las plantas cultivadas?
- Utilizando el programa Excel pueden analizar los resultados y explicar qué efectos de los observados son significativos estadísticamente.
- ¿Qué nos dicen los resultados sobre el comportamiento de las plantas en cada uno de los escenarios?
- ¿Cuáles de los resultados pueden ser más útiles para estudiar la biodisponibilidad y la bioacumulación de los metales del suelo en las plantas cultivadas?

Figura 17. Ejemplo de una ficha-guía.

Discusión global de resultados y conclusiones

Los primeros resultados de la investigación fueron presentados y discutidos en el Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo celebrado en Costa Rica a finales de 2009 y después publicados en Hernández (2009[6] y 2011[7]) y Hernández y col. (2010)[8]. La dificultad que entraña la percepción de la contaminación del suelo, así como de los procesos implicados de larga duración en la naturaleza, hace complejo el aprendizaje de este tema, en comparación a la contaminación del aire y del agua (detectamos mal olor, «smog», turbidez, por ejemplo). Sin embargo, la percepción de cada suelo (color, textura, olor y otras características del mismo que puedan obtenerse mediante la vista, el tacto y el olfato), es juzgada de especial importancia para que el alumnado se familiarice con los suelos en general, aunque no pueda percibirse su posible contaminación.

Se combinan diferentes tipos de dinámicas de trabajo: utilización de laboratorio y de TIC con distintos tipos de aprendizajes. No es posible dejar constancia por escrito de un instrumento interactivo mediante su utilización con ordenador. Lo interesante es que los mismos estudiantes se enfrentan a un problema de la realidad, como son los efectos de la contaminación de suelos, en diferentes momentos de su etapa educativa, pero con diferente contenido. Esta última cuestión es juzgada de forma muy importante en relación a la comprensión del tiempo necesario para percibir efectos de procesos lentos en la naturaleza, además de comportar la transversalidad de un mismo tema en dos niveles educativos (3.º y 4.º ESO).

Estos instrumentos ayudan a dimensionar la escala temporal en que se manifiestan algunos procesos (como sería el caso entre las 48 h de tiempo para la germinación de las semillas utilizadas, o los 2 meses para percibir un problema de contaminación de suelos). Es fácil deducir las operaciones lógico-matemáticas involucradas y relacionadas con distintas fases del método científico.

Entre las principales conclusiones, reconocemos que el suelo es un tema muy adecuado para la conexión de la geología, la física, la química, la biología y la ecología, por lo que no incidiremos en el carácter de transversalidad obvio que se desprende de esta afirmación. Los instrumentos presentados permiten a la

[6] Hernández, A. J. (2009). *Orientaciones para el aprendizaje de las Ciencias de la naturaleza en el siglo XXI*, Santo Domingo, CCPoveda, p. 113.

[7] Hernández, A.J. (2011). *El Laboratorio escolar. Experiencias para aprendizajes integrados*. Santo Domingo, CCPoveda, p. 104.

[8] Hernández, A. J.; Gutiérrez-Ginés, María J. y Pastor, J. (2010). Investigación del tratamiento de la contaminación del suelo en libros de texto para escolares y alternativas docentes experimentadas. En *El Suelo: Funciones y Manejo*, Granada, Copicentro, pp. 929-938.

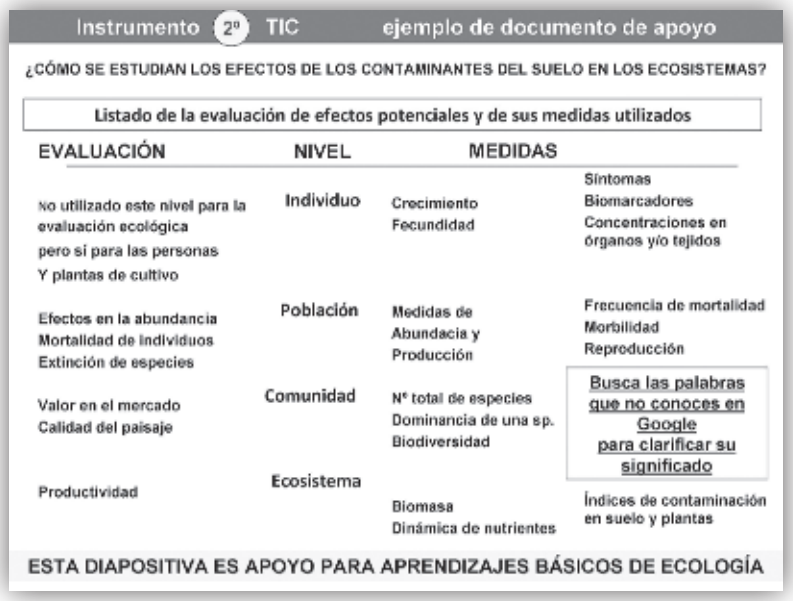


Figura 18

vez realizar muchas actividades sencillas en el laboratorio, objeto de contenidos curriculares de estas disciplinas. Por último, la temática abordada ofrece, sin duda, un componente interactivo de primer orden entre las ciencias de la naturaleza y las ciencias sociales, que no nos es posible argumentar en las páginas del trabajo, pero que es fácil deducir en cuanto a la repercusión de alimentos sembrados en suelos contaminados por metales pesados. De ahí, considerar importante el introducir la temática de suelos contaminados en la enseñanza obligatoria a la ciudadanía o, al menos, incorporarla a la planificación de actividades escolares en la educación secundaria.

Aunque las actividades presentadas pueden parecer conllevar un tiempo excesivo para el aprendizaje de un tema no prioritario, no se pierde de vista la cantidad de logros que pueden alcanzarse con las mismas. Además, puede comprenderse mejor el carácter global de un problema medioambiental, como es el caso de la contaminación de suelos, ya que estos pueden encontrarse en todo el mundo y provocan efectos similares en los seres vivos, en especial si la contaminación se debe a metales pesados.

Este trabajo está en sintonía con las «Metas Educativas» que los países iberoamericanos han propuesto para estos años (OEI-CEPAL, 2010[9]), especialmente las metas de adquisición de conocimientos científicos y de competencia digital. Pero también, con las líneas más actualizadas de la pedagogía de la integración (ROEGIERS, 2010[10]).

Finalmente, diremos que en la actualidad estamos comenzando a experimentar los dos instrumentos con estudiantes dominicanos y pensamos realizar el segundo de ellos conjuntamente entre los que proceden de ese país y los españoles, vía Internet, para ir dando también pasos en el desarrollo de didácticas análogas para el tratamiento de problemas ambientales de carácter global.

Agradecimientos a los Proyectos CTM 2008-04827/TECNO del MICIN y P200l 9/AMB-1478A: EIADES de la Comunidad de Madrid. «María JGG es financiada por la beca FPU del Ministerio de Educación (AP2008-02934).»

[9] OEI-CEPAL, 2010. *2021 Metas Educativas.*

[10] ROEGIERS, X. 2010. *Una pedagogía de la integración. Competencias e integración de los conocimientos en la enseñanza*, México, Fondo Cultura Económica, p. 386.

El uso de las TIC en la enseñanza/aprendizaje de la Geología: utilización de Google Earth en el tema del relieve terrestre

Ainhoa Pérez-Liébana, David Blanco-Miranda
ainhoageo@gmail.com y dblanco48@gmail.com

Palabras clave: Google Earth, relieve terrestre, actividades didácticas, itinerario geológico, TIC.

Key words: Google Earth, earth's relief, teaching activities, geologic itinerary, ICT.

Resumen

Se presenta un material didáctico destinado a facilitar el aprendizaje y comprensión del tema «El Relieve Terrestre» impartido en Secundaria, utilizando el programa Google Earth, con el objetivo de ofrecer una visión conjunta y práctica de la materia, integrando las TIC en el proceso educativo.

Este material consiste en un itinerario geológico con 7 destinos de diferentes partes del mundo, elegido cada uno de ellos como ejemplo ilustrativo que apoye las explicaciones teóricas de los diferentes tipos de relieve estudiados en la asignatura de Geología. Los alumnos visitarán virtualmente cada uno de los destinos mientras que completan una serie de fichas que les guiarán paso a paso en sus observaciones.

Abstract

This paper provides educational material that has been elaborated in order to facilitate learning and understanding «The Earth's Relief» the Natural Science course for 2.º ESO Through the use of «Google Earth», the main aim will be offering a global and practice vision of Earth's relief and incorporate ICT into the education process.

This material is formed by a file in which there are 7 places of destination of different parts in the world. Every destiny has been chosen as a graphic illustration and supportive material for the theoretical explanations. Besides, there are work sheets that complement every destiny. Pupils have to answer some questionnaires and these solutions will guide them to make their observations.

Introducción

Se ha argumentado reiteradamente que la enseñanza de las ciencias debe plantearse de modo contextualizado y con carácter experimental, buscando un equilibrio entre la enseñanza teórica y la práctica,

que consiga involucrar, interesar, motivar y acercar al alumnado a la materia, logrando un aprendizaje significativo. (Sanmartí e Izquierdo 2001; Marchesi 2007; González y Juan 2008). Con este propósito se utilizan generalmente las «salidas de campo». Como señalan Morcillo *et al.* (1997, 1998) «el trabajo de campo es insustituible» y «aparentemente imposible de suplir con el trabajo en el aula o en el laboratorio». No obstante, las salidas de campo no siempre pueden realizarse, o al menos, de forma tan habitual como podría ser considerada necesaria para una adecuada impartición de la materia, por diversos motivos tales como; dificultades económicas y/u organizativas del centro, el gran esfuerzo que conlleva su preparación, tanto a efectos de la actividad en sí, como de la formación específica del profesor y capacitación de los alumnos para su realización, la precisa adopción de medidas de precaución y seguridad, dificultades burocráticas, distancia de los lugares de observación, posibles inclemencias meteorológicas, etc. (López-Martín 2007).

En relación con esta argumentación, se puede señalar que en el tema «El Relieve Terrestre», además de las dificultades generales que se señalaban anteriormente con las salidas de campo, se han encontrado las siguientes:

- Resulta inviable realizar una salida de campo donde pueda observarse cada uno de los diferentes relieves existentes (eólico, glaciar, fluvial…), por lo que es imposible exponer el contenido teórico del tema de forma global en una única actividad fuera del aula.
- Debido a la variedad de tipos de relieve terrestre, se hace prácticamente imposible realizar una salida de campo por cada uno de los tipos.
- Además, los puntos geográficos en los que pueden encontrarse cada uno de estos relieves, generalmente están situados muy distantes unos de otros y de los centros educativos.
- Por otra parte, se debe tener en cuenta que los ejemplos más ilustrativos de los mismos se hallan en diferentes puntos del mundo.

Las TIC tienen un papel destacado en la sociedad y concretamente en el mundo de la educación. Según Martínez (2007), «*se espera que estas herramientas generen ambientes de trabajo más amigables y atractivos para las nuevas generaciones, provocando un impacto positivo en la asistencia y retención escolar y que otra opción es incorporar las habilidades de uso de tecnologías de la información a los planes de enseñanza, como una forma e institucionalizar en el currículo escolar estas nuevas competencias instrumentales*». No obstante y a pesar de la importancia de su utilización, todavía su uso no se ha generalizado ni se ha convertido en una práctica integrada en todos los centros educativos, y algunos ni siquiera las consideran herramientas necesarias para ofrecer una mejor educación (López y Morcillo 2007; Marchesi 2007).

Por tanto, en este trabajo se propone la realización de una serie de actividades prácticas para abordar el tema del Relieve Terrestre, utilizando las TIC, en concreto, el programa Google Earth. Se intentará paliar así la problemática encontrada a la hora de realizar salidas de campo para impartir la asignatura de Ciencias de la Naturaleza y Biología y Geología en niveles de la ESO.

Google Earth es un programa informático de fácil instalación, que permite, mediante la conexión a Internet y a través de la combinación de imágenes de satélite, mapas y el buscador Google, viajar virtualmente por todo el planeta observándolo en 3D (Rumiz 2006; Gómez-Trigueros 2010; Luque-Revuelto 2011).

Existen numerosos navegadores con información espacial (Marble, World Wind, Live Search Maps…), no obstante, entre ellos se ha elegido Google Earth [1] debido a su grado de implantación, difusión, aceptación y carácter gratuito, pero sobre todo, a su fácil manejo y multitud de posibilidades que hacen de él un programa óptimo desde el punto de vista didáctico.

Entre las posibilidades educativas de Google Earth que se pueden aprovechar en el aula, caben destacar las siguientes: (Vivancos 2006; Boix *et al.*, 2009; Córcoles 2010). [2, 3 y 4].

- Observar el planeta Tierra en 3D como si nos encontrásemos en el espacio y rotarla a nuestra conveniencia.
- Seleccionar cualquier punto de interés en el planeta e ir acercándonos a él observándolo a diferentes alturas según la necesidad de detalle y con diferentes perspectivas.
- Observar el relieve submarino, distinguiendo las dorsales oceánicas, las diferentes zonas de comprensión y subducción de la Tierra.
- Conocer las coordenadas geográficas de cualquier punto de la Tierra tan sólo con situar el ratón al sitio de interés.
- Hacer búsquedas de cualquier punto de la Tierra mediante sus coordenadas y conocer los nombres de cualquier país, ciudad, océano, mar, río, volcán, accidente geográfico…
- Observar en 3D e identificar diferentes tipos o formas del relieve terrestre tales como cordilleras, valles, volcanes… en cualquier lugar del mundo y conocer su altura sobre el nivel del mar.
- Medir la distancia entre dos puntos mediante una línea recta o trazando una trayectoria.
- Visualizar los meridianos y paralelos.
- Guardar los lugares e imágenes de interés aportando información sobre ellos y compartirlos con otras personas a través de Internet.

Objetivo

La realización de este trabajo consiste en la elaboración de un material didáctico, que permita:

- Facilitar el aprendizaje significativo para el tema «El Relieve Terrestre», y que pueda utilizarse como instrumento complementario de las salidas de campo o de sustitución, en el supuesto de que éstas sean de imposible realización.
- Colaborar en la adquisición de la Competencia digital, utilizando como base las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), en concreto mediante el programa informático Google Earth (Renard 2004; Lamas-Valente 2006; Montealegre de Contreras 2006; Alfaro *et al.*, 2007; Gómez-Trigueros 2010).

Los objetivos específicos que se pretenden conseguir con la realización de la actividad son, entre otros:

- Interpretar resultados basándose en la observación de imágenes en tres dimensiones.
- Relacionar la distribución desigual de la energía en la superficie terrestre con el origen de los distintos agentes geológicos externos.
- Comprender claramente que el relieve terrestre no es estático.
- Identificar los factores que han intervenido en el modelado del relieve.
- Adquirir el concepto de agente geológico.
- Identificar los principales agentes geológicos externos y la forma en que erosionan, transportan y sedimentan materiales.
- Analizar los diferentes tipos de modelado del relieve terrestre producido por los agentes geológicos externos, reconociéndolos en imágenes.
- Conocer las diferentes fases de los procesos de erosión, transporte y sedimentación, así como las estructuras resultantes de cada proceso.

ACTIVIDAD DISEÑADA

Este material didáctico está destinado a complementar las explicaciones teóricas contenidas en la unidad didáctica: El Relieve; dinámica Terrestre. Esta está relacionada con los contenidos de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza perteneciente al Segundo curso de la ESO y a la asignatura de Biología y Geología perteneciente al Tercer curso de la ESO, según el DECRETO 23/2007, de 10 de mayo, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria.

El diseño de la actividad se divide en dos partes, por un lado, y siguiendo los trabajos de Alfaro *et al*., (2007), un itinerario geológico en formato kml que debe ser abierto desde cualquier ordenador con conexión a Internet y teniendo Google Earth instalado. En él se visitarán un total de 7 destinos elegidos específicamente para mostrar al alumnado buenos ejemplos ilustrativos de los distintos tipos de relieve generados por la energía externa e interna de la Tierra, repartidos tanto por España como por el resto del mundo, de modo que los estudiantes puedan estudiar virtualmente los principales tipos de relieve terrestre.

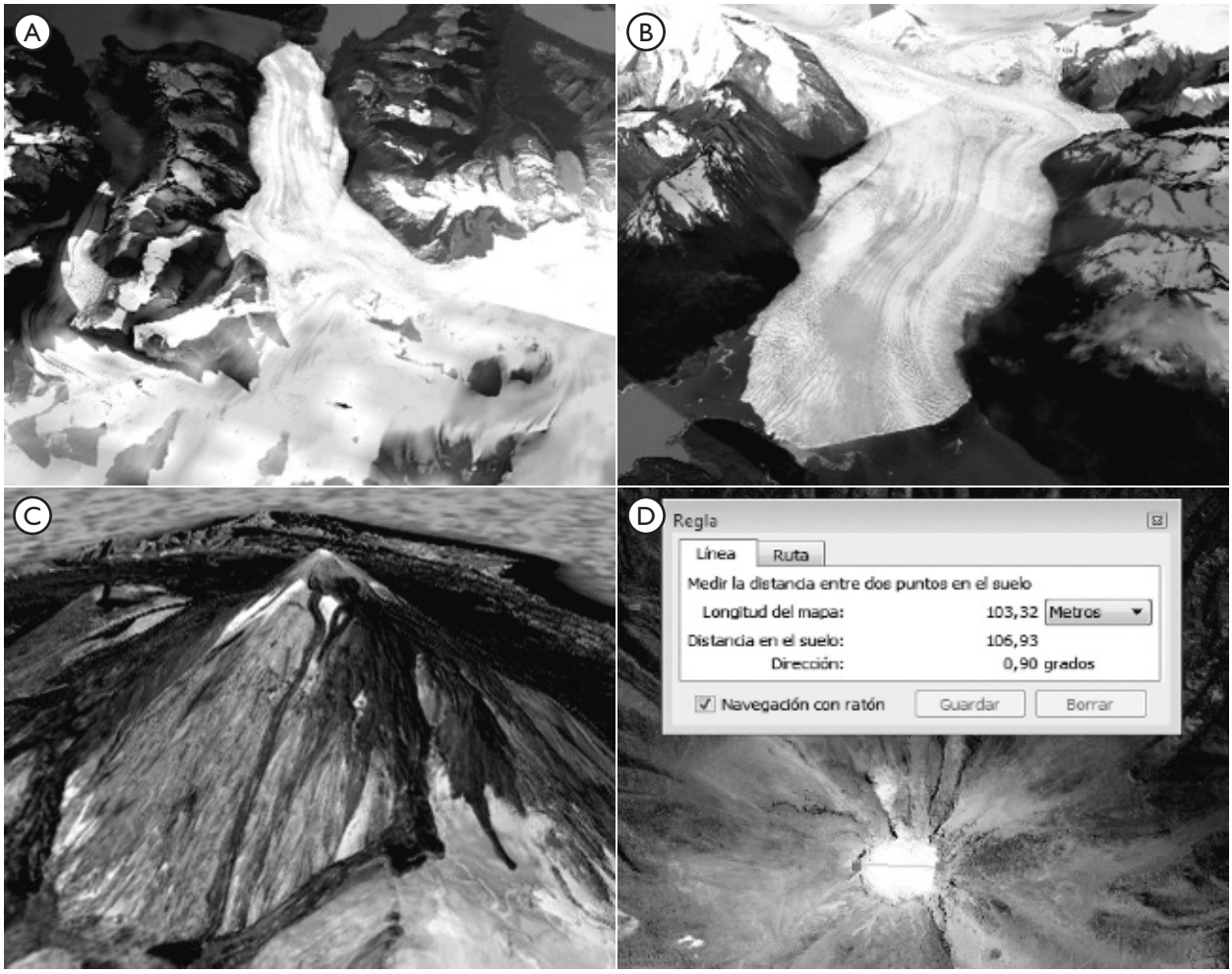


Figura 1. Ejemplos de las diferentes observaciones que se podrán realizar en los destinos 2 y 7. **A)** Vista de la zona de acumulación, lengua glaciar y zona de ablación de una parte del Glaciar Perito Moreno. **B)** Vista en detalle de la lengua donde pueden observarse estrías. **C)** Vista del cono del volcán Teide y de sus diferentes coladas. **D)** Vista en detalle del cráter del volcán Teide y realización de la medida de sus dimensiones («Icono regla» en la barra superior de herramientas).

El itinerario elaborado es el siguiente:

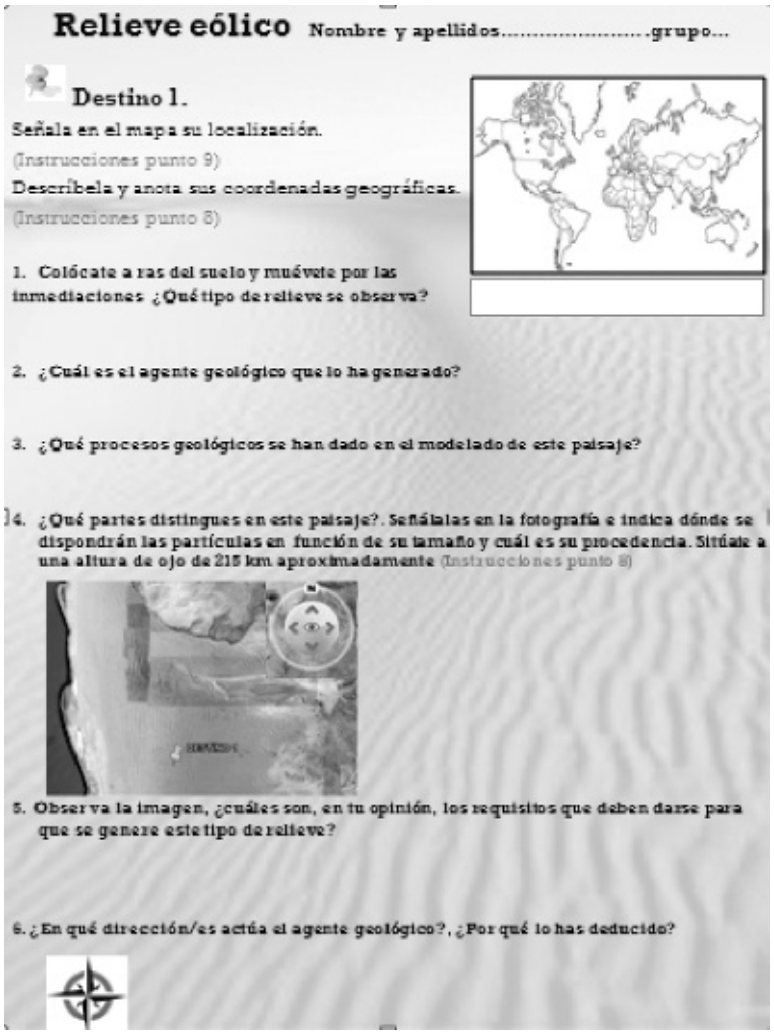
- Para reconocer los diferentes efectos del viento en el relieve:
  DESTINO 1: Desierto del Namib.
- Para adquirir el concepto de glaciar y el relieve que genera:
  DESTINO 2: Glaciar Perito Moreno (Argentina). *Fig. 1A-B*.
- Para aprender qué son las aguas superficiales y cómo actúan en el terreno:
  DESTINO 3: Cárcavas de Marcilla (Navarra).
- Para reconocer las diferentes partes de un río y cómo afecta en cada una de ellas a los procesos de erosión transporte y sedimentación.
  DESTINO 4: Delta del Ebro (Cataluña).
- Para reconocer cómo modelan el paisaje las aguas subterráneas:
  DESTINO 5: Torcal de Antequera (Andalucía).
- Para conocer los movimientos del mar y sus efectos en el modelado litoral.
  DESTINO 6: Acantilados de Ortigueira (Galicia).
- Para comprender el origen de los grandes relieves de la Tierra y distinguir alguna de las partes externas de un volcán.
  DESTINO 7: Teide (Canarias). *Fig. 1C-D*.

Por otro lado, para cada destino se ha realizado una ficha individual, que guíe al alumno en una serie de observaciones y le ayude a comprender la génesis y características del tipo de relieve que es objeto de análisis. *Fig. 2*.

Cada ficha está compuesta por un número variable de preguntas donde podemos encontrar:

- Mapamundi o de España para la situación geográfica del destino observado.
- Espacio destinado para escribir las coordenadas del destino.
- Preguntas básicas comunes para todos los relieves, como por ejemplo: ¿qué tipo de relieve observamos?, ¿qué procesos geológicos han actuado?, etc.
- Preguntas específicas para cada relieve, como por ejemplo: ¿en qué curso del río crees que nos encontramos? ¿Por qué?, etc.
- Espacios destinados a la realización de dibujos.

Esta actividad es conveniente que se realice a continuación de la explica-


Relieve eólico Nombre y apellidos.....grupo...

Destino 1.

Señala en el mapa su localización.
(Instrucciones punto 9)

Describela y anota sus coordenadas geográficas.
(Instrucciones punto 8)

1. Colócate a ras del suelo y muévete por las inmediaciones ¿Qué tipo de relieve se observa?

2. ¿Cuál es el agente geológico que lo ha generado?

3. ¿Qué procesos geológicos se han dado en el modelado de este paisaje?

4. ¿Qué partes distingues en este paisaje?. Señálalas en la fotografía e indica dónde se dispondrán las partículas en función de su tamaño y cuál es su procedencia. Sitúate a una altura de ojo de 215 km aproximadamente (Instrucciones punto 8)

5. Observa la imagen, ¿cuáles son, en tu opinión, los requisitos que deben darse para que se genere este tipo de relieve?

6. ¿En qué dirección/es actúa el agente geológico?, ¿Por qué lo has deducido?

Figura 2. Ficha destinada al Relieve eólico.

ción teórica del tema del Relieve Terrestre, ya que para su correcta realización los alumnos deberán manejar una serie de conceptos básicos sobre el tema.

Para que los profesores puedan crear sus propias rutas, adaptando la actividad a las necesidades de su alumnado, a continuación se explican detalladamente los pasos a seguir a la hora de crear y guardar una ruta utilizando Google Earth. Además, sería útil que también los alumnos supieran crear y guardar sus rutas y así poder trabajar desde sus casas compartiendo la información con el resto de sus compañeros.

CÓMO CREAR UNA RUTA

En primer lugar, se abre el programa Google Earth, para lo que es necesario tener conexión a Internet. En la pestaña *Search* (buscar), se escribe el destino deseado. Una vez en él, nos situamos con el ratón en el punto exacto donde queremos que los alumnos hagan sus observaciones. A continuación, se hace clic en el icono «Añade una marca de posición» (chincheta amarilla), situado en la barra de herramientas de la parte superior. Se abrirá una ventana, y aparecerá una chincheta sobre el mapa, que se debe arrastrar con el ratón fijándola en el lugar deseado. En la ventana se le puede cambiar el nombre al destino, el color y forma de la chincheta e incluir comentarios, descripciones, imágenes y enlaces. Pulsando aceptar se guardan los cambios, y este destino se grabará en la pestaña *Lugares* situada en la ventana lateral izquierda, dentro del apartado *Mis sitios*. A medida que vayamos incorporando destinos a nuestra ruta, se irán guardando consecutivamente.

CÓMO GUARDAR LA RUTA

En primer lugar se deberá hacer clic sobre la casilla *Mis sitios* situada en la pestaña *Lugares* en la ventana lateral izquierda. A continuación haremos clic en *Archivo,* después en *Guardar,* y por último en *Guardar lugar como.* Se elegirá dónde guardarlo en nuestro ordenador, añadiendo un nombre y eligiendo el formato deseado, entre **Kml o Kmz**. La diferencia entre ambos es que Kmz es un archivo comprimido, por lo que recomendamos utilizar el formato Kml para que no surjan problemas a la hora de abrirlo. Este archivo podrá utilizarse en cualquier ordenador que tenga instalado Google Earth y que disponga de una conexión a Internet.

Esta ruta se la podremos hacer llegar a los alumnos, bien por correo electrónico, o descargándola con una memoria USB en cada ordenador del aula de informática, de manera que esté lista para ser utilizada.

CONCLUSIONES

Tras el diseño de la actividad y sobre todo tras su puesta en práctica y evaluación en el IES Padre Antonio Soler de El Escorial, Madrid, se puede concluir que:

- La actividad con Google Earth propone una manera sencilla y accesible de mostrar a los alumnos los diferentes tipos de Relieve Terrestre.
- Se ponen en práctica los conceptos impartidos en las clases teóricas de la asignatura, situándolos en su contexto geográfico, lo cual resulta muy interesante en estos niveles de Secundaria.
- Ayuda al alumno a integrar conocimientos, en este caso la Geología y la Geografía, de una manera atractiva, ya que para su realización utilizan herramientas informáticas con las que están muy familiarizados.

Al finalizar la actividad, se pasó una evaluación anónima a los alumnos, en la cual expresaron que la experiencia les resulta muy motivadora, valorándola en su mayoría con una puntuación media de 8 puntos sobre 10.

Cabe reseñar que la utilización de Google Earth puede ser muy útil a la hora de explicar a los alumnos otros temas en las clases de Ciencias de la Naturaleza, por lo que animamos a todos los profesores a descubrir este potencial y a ponerlo en práctica en sus clases, si así lo consideran oportuno.

En conclusión, Google Earth es una herramienta idónea para exponer de forma conjunta, coherente y atractiva el tema del Relieve Terrestre.

Referencias bibliográficas

Alfaro, P., Espinosa, J., Falces, S., García-Tortosa, F.J. y Jiménez-Espinosa, R. (2007). Actividades didácticas con Google Earth. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra.* 15.1., 2-15.

BOE (2007). REAL DECRETO 1631/2006*, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. Ministerio de Educación y Ciencia. BOE. 5 de 5 de enero de 2007.*

Boix, G., Olivella, R., Sitjar, J. (2009). Los Sistemas de Información Geográfica en las aulas de educación secundaria. *Revista Digital del grupo de estudios sobre Geografía y análisis espacial con sistemas de Información Geográfica (GESIG).* 1. 17-36.

Córcoles, J. E. (2010). Google Earth. Uso didáctico para Escuela 2.0. *Revista digital Sociedad de la Información.* 20., 1-9.

Gómez-Trigueros, I. (2010). Análisis del paisaje físico y humano de la provincia de Alicante: Google Earth como herramienta docente en las clases de Geografía. *GeoGraphos. Revista Digital para Estudiantes de Geografía y Ciencias Sociales.* 1.1., 1-26.

González, M. y Juan, X. (2008). Aula virtual: herramientas de comunicación. La gestión de los riesgos naturales: recursos en la red. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra.* 16.1., 99-106.

Lamas-Valente, N. (2006). *Navegando por los paisajes del mundo por Google Earth. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. 14.4., 85-88.*

López, M. y Morcillo, J. G. (2007). Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias.* 6.3., 562-576.

Luque-Revuelto, R. M. (2011). Uso de la cartografía y la imagen digital como recurso didáctico en la enseñanza secundaria. Algunas precisiones en torno a Google Earth. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles.* 55., 183-210.

Marchesi, A. (2007). Tecnologías de la Educación y cambio educativo. Palabras de bienvenida. *XXII Semana monográfica de la Educación. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la Educación: retos y posibilidades. Fundación Santillana.* 54-57.

Martínez, H. (2007). Tecnologías de la Educación y cambio educativo. Tecnologías de la Información y docentes: una alianza pendiente. *XXII Semana monográfica de la Educación. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la Educación: retos y posibilidades. Fundación Santillana.* 87-90.

Montealegre de Contreras, L. (2006). Una propuesta en geoimágenes: Google Earth. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. 14.2., 108-117.

Morcillo, J. G., Herrero, C., Centeno, J. D., Anguita, F., Muñoz, F., Ortega, O. y Sánchez, J. (1997). El seminario sobre metodologías en las prácticas de campo: Rascafría 96. Resultados y valoración. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra.* 5.1., 69-76.

Morcillo, J. G., Rodrigo, M., Centeno, J. D. y Compiani, M. (1998). Caracterización de las prácticas de campo: justificación y primeros resultados de una encuesta al profesorado. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra.* 6.3., 242-250.

Renard, P. (2004). Seismos, volcanes y tectónica de placas en tu PC. (Prácticas con ordenador para Bachillerato). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra.* 12.1., 31-37.

Rumiz, D. I. (2006). Google Earth y Trackmaker aplicados a la Biología de campo y la conservación. *Kempffiana.* 2.1., 173-177.

Sanmartí, N. e Izquierdo, M. (2001). Cambio y conservación en la enseñanza de las ciencias ante las TIC. *Alambique.* 29. 71-84.

Vivancos, J. (2006). Earthquest y Geoquest: dos propuestas de actividades Geointeractivas. *Primeras jornadas sobre Webquest.* 1-5.

PÁGINAS WEB CONSULTADAS

www.earth.google.com [1]
http://www.slideshare.net/pencho/posibilidades-educativas-de-google-earth [2]
http://www.eduteka.org/GoogleEarth.php [3]
http://www.eduteka.org/pdfdir/GoogleEarth2.pdf [4]

HydraMars: una sencilla herramienta visual para realizar cálculos hídricos de canales abiertos (en la Tierra y Marte)

Antonio Molina Jurado

Departamento de Geología Planetaria y Habitabilidad. Centro de Astrobiología CSIC-INTA. 28850 Madrid
a.molina@csic.es

Miguel Ángel de Pablo Hernández

Departamento de Geología. Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad de Alcalá. 28871 Madrid

Palabras clave: Hidrología, modelos, procesado de datos, Marte.

Key words: Hydrology, models, data processing, Mars.

Resumen

El estudio hidrológico de los canales abiertos, pese a su alto interés didáctico, supone una tarea difícil y laboriosa para el alumno. Con el apoyo de las hojas de cálculo, el experimentar con ello supone una actividad fácil y didáctica. En base a esta idea hemos desarrollado HydraMars, que permite obtener velocidades y caudales de canales abiertos mediante diferentes métodos (Chèzy, Darcy-Weisbach e Irwin) y otros parámetros hidráulicos típicos mediante la introducción de unos sencillos datos y variables. La posibilidad de cambiar su aplicación a Marte (lo que simplemente significa otro cambio en las variables de partida de los modelos) supone una motivación añadida para el uso de esta herramienta como recurso didáctico.

Abstract

Despite the high didactic interest of the open channels study, the students use to found it arid and complex. However, the use of spreadsheets made it easy and didactical. We had developed HydraMars based on this idea, an easy and visual application that allows you to obtain flows and velocities from different methods (Chèzy, Darcy-Weisbach e Irwin), as well other typical hydraulic parameters, using only a few and simple data and parameters. It is possible to use this spreadsheet for both the Earth and Mars planets (what just means change the initial parameters in the models), what is an extra motivation for students to use this didactic tool.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 LA HIDROLOGÍA COMO RECURSO DIDÁCTICO

La hidrología es una materia muy amplia e interdisciplinaria que requiere del material propio de otras ciencias para su propia interpretación y uso. La geografía física, la meteorología, la geología, la hidráulica, la matemática y la estadística, son solo algunas de ellas[1]. Analizar la hidrología de un canal abierto supone poner en juego por parte del alumno de secundaria o primeros cursos universitarios de Ciencias de la Tierra múltiples destrezas y conocimientos. Sin embargo, estudiar las características físicas o hidráulicas que caracterizan a las corrientes superficiales es una de las facetas que resulta más tediosa, complicada y poco intuitiva para el alumno, debido a la necesidad de usar complejas ecuaciones y una gran cantidad de datos. Sin embargo, en la actualidad, nos podemos servir de herramientas informáticas al alcance de todos (como son las hojas de calculo) para analizar fácilmente los datos disponibles (muchos de ellos a través de Internet) y poder variar algunos de los parámetros y variables, con el fin último de entender cómo funciona el sistema fluvial. Además, la inclusión de unas nuevas condiciones, como las que se pueden dar en un planeta distinto al nuestro como es Marte, donde se sabe que el agua modeló canales similares a los que podemos encontrar en nuestro planeta, plantea un incentivo y una variable adicional para fomentar el entendimiento e interés del alumno.

1.2 HYDRAMARS: HIDRÁULICA EN MARTE (Y LA TIERRA)

Debido a las razones expuestas en el apartado anterior, hemos desarrollado HydraMars (*Figura 1*): una sencilla hoja de cálculo para Excel equipada con macros y diseñada para que de forma fácil, rápida e intuitiva se puedan conseguir una amplia cantidad y variedad de resultados. Estos son a su vez fácilmente modificables y exportables en los más diversos formatos, todo ello para facilitar que el alumno «juegue» y analice el efecto de los cambios realizados fácilmente. Al trabajar en una hoja de cálculo, podemos variar rápidamente algunos parámetros para ver de forma inmediata los efectos en los resultados y entender así mejor su fundamento e implicaciones. Esto no solo tiene un significado hidrológico, sino que profundiza en el papel de los modelos numéricos como una aproximación a la realidad física, sus limitaciones y funcionamiento.

2. HIDRÁULICA, FUNDAMENTOS CLAVE

2.1 ESTIMACIÓN DE DESCARGA Y VELOCIDAD DE FLUJO

En primer lugar es necesario definir la Descarga o Caudal (Q) de una corriente mediante la ecuación de continuidad, que se expresa como el producto de la velocidad media de fluido (v) por el área de una sección transversal en la dirección de la corriente (A)[2]:

$$Q = v \cdot A \qquad [1]$$

La mayoría de intentos de estimación de la descargas, entendiendo estas como el flujo de volúmenes de agua, han utilizado la ecuación empírica propuesta por Manning[3]. La ecuación de Manning asume que todos los fluidos se desplazan gravitatoriamente a una velocidad que está determinada por su viscosidad. Así, partiendo de las características de la superficie sobre la que circulan y la gravedad planetaria, se pue-

---

[3] APARICIO MIJARES, F.J. (1992) *Fundamentos de Hidrología de superficie.* México, Ed. Limusa, 302 p.

[2] TE CHOW, V. (1986). *Open Channel Hydraulics.* Nueva York, McGraw Hill Book Co., 680 p.

[3] Manning, R. (1891). On the flow of water in open channels and pipes. *Transactions Institute of Civil Engineers of Ireland*, 20, 161-209.

de estimar la velocidad media de flujo en el canal (v), en función del radio hidráulico (R) y la pendiente descendente del lecho del canal (Figura 1), también llamado gradiente hidráulico (S):

$$S = (n^2 \cdot v^2)/R^{4/3} \qquad [2]$$

$$v = (R^{2/3} \cdot S^{1/2})/n \qquad [3]$$

Las ecuaciones [2] y [3] expresan la influencia de la rugosidad del lecho del canal y del transporte de sedimentos en un solo factor, el coeficiente de *Manning*[2] (n), un coeficiente empírico cuyos valores para corrientes de agua natural oscilan entre 0,025 en arroyos con pendientes suaves, a 0,05 en corrientes con lechos rugosos y altas pendientes. Las dimensiones de este parámetro son tiempo partido por longitud $^{1/3}$. En ciertos trabajos han utilizado esta ecuación para determinar los posibles valores del coeficiente de *Manning* (n) en Marte. Una de las propuestas[4] consiste en que el coeficiente se puede relacionar con el de la Tierra de la siguiente manera:

$$n_M = n_E \cdot (g_E/g_M)^{1/2} \qquad [4]$$

siendo el valor del coeficiente de *Manning* en Marte (n_M) unas 1,62 veces el coeficiente en la Tierra (n_E). Por tanto, un coeficiente de *Manning* de 0,025 (el correspondiente a flujos de agua en pendientes suaves) en la Tierra, correspondería a un coeficiente de 0,032 en Marte.

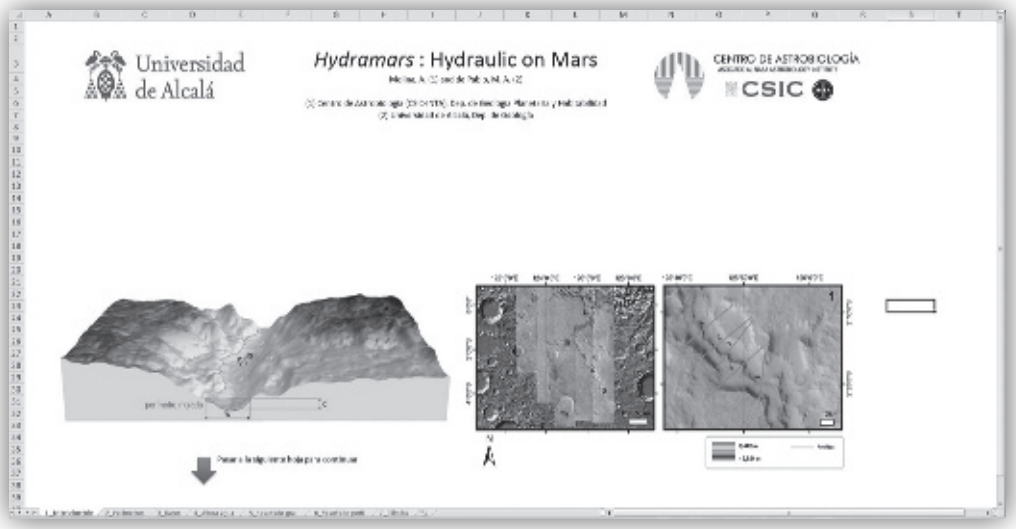


Figura 1. Primera hoja de la hoja de cálculo HydraMars, denominada «1_Introducción», y que hace las veces de portada. En ella aparece la sección de un canal y sus características hidrológicas (izquierda), así como dos imágenes (general y detalle) de uno de los canales de marte y su topografía (derecha). Los perfiles que aparecen aquí marcados con líneas rojas son los correspondientes a los datos por defecto de la hoja.

Por otro lado, el radio hidráulico (R) equivale al coeficiente de la sección transversal del canal (A) con su perímetro mojado (P, Figura 1). La ecuación que describe este parámetro es por tanto de la siguiente forma:

$$R = A/P \qquad [5]$$

Por último, la pendiente o gradiente hidráulico (S) se define como el cociente entre la distancia vertical (H) y la horizontal (d):

$$S = \Delta H/\Delta d \qquad [6]$$

[4] Wilson, L.; Ghatan, G.J.; Head III, J.W.; Mitchell, K.L. (2004). Mars outflow channels: A reappraisal of the estimation of water flow. *Journal of Geophysical Research*, 109, E09003.

Aplicando la rugosidad de *Manning* en otras ecuaciones, como la de *Chézy*, se pueden obtener los valores de velocidad de corriente teóricos[5]. La ecuación general de *Chézy* es de la siguiente forma:

$$v = C \cdot (R \cdot S)^{1/2} \qquad [7]$$

siendo C el coeficiente de *Chézy*, R el radio hidráulico y S el gradiente hidráulico. El coeficiente de *Chézy* (C) se puede relacionar con el coeficiente de *Manning* (n), de la siguiente forma:

$$C = 1/n \cdot R^{1/6} \qquad [8]$$

Como el coeficiente de *Chézy* es proporcional a $g^{1/2}$, no incluye de forma explícita la aceleración producida por la fuerza de la gravedad. Se han realizado aproximaciones de esta ecuación para Marte[6], aproximándose la velocidad media de flujo para un canal en Marte de la siguiente manera:

$$v = ((g_M \cdot S \cdot R^{4/3})/(g_E \cdot n^2))^{1/2} \qquad [9]$$

$$v = (1/n) \cdot W \cdot d^{5/3} \cdot (S \cdot (g_E/g_M))^{1/2} \qquad [10]$$

donde W es la anchura del canal, d su profundidad y g_M y g_E las gravedades de Marte y la Tierra, respectivamente.

También se puede estimar la velocidad media de flujo en un canal (v) mediante la ecuación de *Darcy-Weisbach*[7], que tiene la siguiente forma:

$$Q = [(8g_M \cdot R \cdot S) \cdot f_c]^{1/2} \qquad [11]$$

$$Q = w \cdot d^{3/2} \cdot (8g_M \cdot S \cdot f_c)^{1/2} \qquad [12]$$

y donde se utiliza un coeficiente de fricción (f_c) que es adimensional y depende de la naturaleza del lecho del canal y las condiciones de flujo[8].

Por último, existen adaptaciones de ecuaciones empíricas para el cálculo del caudal. En Irwin *et al.* (2005)[9] se relaciona este caudal directamente con la anchura del canal (W), adaptando una ecuación deducida para canales aluviales de la cuenca del río Missouri[10]:

$$Q = 1{,}9 \cdot W^{1{,}22} \qquad [13]$$

Tras aplicar ciertas correcciones debidas a las condiciones inherentes de Marte, la ecuación propuesta por Irwin queda de la siguiente forma:

$$Q = 1{,}4 \cdot W^{1{,}22} \qquad [14]$$

2.2 Otros parámetros hidráulicos

Hay una serie de parámetros hidráulicos que se suelen usar para caracterizar las condiciones de flujo en una corriente de agua. Dos de los más importantes son los números de *Froude* y de *Reynolds*.

---

[5] TE CHOW, V. (1986). p. 2.

[6] KOMAR, P.D. (1979). Comparisons of the hydraulics of water flows in Martian outflow channels with flow of similar scale on Earth. *Icarus,* 37, 156-181 pp.

[7] ASCE The Force on Friction Factors (1963). Friction factors in open channels: Progress report. *Journal Hydraulic Division Proccedures of American Society of Civils Engineers,* 89, 97-143 pp.

[8] WILSON, L.; GHATAN, G.J.; HEAD III, J.W.; MITCHELL, K.L. (2004). p. 3.

[9] IRWIN, R.P., CRADDOCK, R.A., HOWARD, A.D. (2005). Interior channels in Martian valley networks: Discharge and runoff production. *Geology,* 33, 489-492 pp.

[10] OSTERKAMP, W.R., HEDMAN, E.R. (1982). Perennial-streamflow characteristics related to channel geometry and sediment in Missouri River basin. *U.S. Geological Survey Professional Paper,* 1242, 37.

El número de *Froude* (F_r) se usa para caracterizar el comportamiento del flujo:

$$F_r = V/\sqrt{(g \cdot R)} \qquad [15]$$

Cuando el valor se encuentra por debajo de la unidad se denomina régimen subcrítico, refiriéndose a corrientes fluviales; mientras que los regímenes supercríticos se asocian con corrientes torrenciales[11]. Cuando el valor del número de *Froude* se aproxima a la unidad se denomina régimen crítico.

Mientras tanto, el número de *Reynolds* (R_e) se usa para caracterizar la importancia relativa de las fuerzas de inercia y viscosidad en las corrientes[12,13]. Por esto mismo, la ecuación requiere un valor de densidad (ρ) y la viscosidad (μ) del fluido.

$$R_e = (V \cdot R \cdot \rho)/\mu \qquad [16]$$

Este número define dos tipos de regímenes: el régimen laminar (valores bajos de R_e, donde la viscosidad predomina), que se caracteriza por un movimiento suave y fluido; y el régimen turbulento (valores altos de R_e, donde las fuerzas inerciales son las predominantes), que se caracteriza por su tendencia a movimientos caóticos y flujos inestables[13].

3. Datos altimétricos

Para realizar los cálculos hidráulicos es necesario tener los datos que definen la forma del cauce, es decir, su topografía. HydraMars está diseñado para introducir la información de cinco perfiles consecutivos en la sección de cualquier corriente (*Figura 1*). Por tanto, se necesitan valores de distancia (desde el origen del perfil) y altitud, con la mayor resolución espacial posible; o lo que es lo mismo, con la menor distancia entre puntos. Estos valores pueden obtenerse de la manera tradicional mediante un mapa topográfico, o utilizando un Modelo Digital del Terreno (MDT). Estos modelos son mallas de datos de altitud equidistantes que representan a una porción del territorio. De forma avanzada, se pueden utilizar Sistemas de Información Geográfica (SIG) para obtener los perfiles de forma precisa, mediante, por ejemplo, el uso de datos topográficos distribuidos gratuitamente por la agencia NASA, pertenecientes al programa *Shuttle RADAR Topographic Mission* (SRTM) (http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/). Estos datos se pueden utilizar, por ejemplo, con el programa informático SIG de libre distribución «Quantum GIS» (http://www.qgis.org/). También existen formas más accesibles y sencillas para utilizar con los alumnos, y este es el caso del programa de libre distribución «Google Earth» (http://www.google.es/intl/es/earth/), con el que es posible visualizar perfiles altimétricos, dibujando una ruta y eligiendo en el menú contextual (botón derecho) «Mostrar perfil de elevación». Este programa permite hacer lo mismo con los canales presentes en Marte. En este segundo caso, también aconsejamos el uso de «JMars» (http://jmars.asu.edu/). Ambos ofrecen en el caso de Marte datos del sensor Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA), con una resolución no demasiado alta (< 500 metros por píxel). Sin embargo, existen topografías de mucha mayor resolución disponibles para el planeta (como HRSC y HiRISE).

---

[11] Bélanger, J.B. (1828). *Essai sur la Solution Numérique de quelques Problèmes Relatifs au Mouvement Permanent des Eaux Courantes.* Paris, Carilian-Goeury, 38 p.

[12] Stokes, G. (1851). *On the Effect of the Internal Friction of Fluids on the Motion of Pendulums.* Transactions of the Cambridge Philosophical Society, 9, 8-106 pp.

[13] Reynolds, O. (1883). *An experimental investigation of the circumstances which determine whether the motion of water shall be direct or sinuous, and of the law of resistance in parallel channels.* Philosophical Transactions of the Royal Society, 174, 935-982 pp.

4. MANEJO DE HYDRAMARS

4.1 COMENZANDO

En primer lugar es necesario disponer del software Microsoft Excel instalado y descargar HydraMars desde la siguiente dirección:

http://www2.uah.es/divulgacion/HydraMars

Al ejecutar el fichero, un mensaje nos advertirá que contiene macros, que deben ser activados para el correcto funcionamiento de las funcionalidades del mismo.

La primera hoja «1_Introducción» (Figura 1) muestra la portada con la información básica del programa. Para continuar, pasar a la siguiente hoja «2_Parámetros» (Figura 2) pulsando sobre la solapa con este nombre en la parte inferior de la pantalla.

4.2 PARÁMETROS BÁSICOS

En esta hoja se deben introducir algunos de los parámetros necesarios para los cálculos. Estos se dividen en parámetros de distancia y parámetros físicos. Los primeros son relativos a los perfiles topográficos, donde se necesitan las distancias entre los datos (o lo que es lo mismo, la resolución) y entre los cinco perfiles. Esta última medida se realiza siguiendo el cauce fluvial en la parte más deprimida de su sección, es decir, siguiendo el camino que haría una gota de agua de un punto a otro. Ambas distancias en metros.

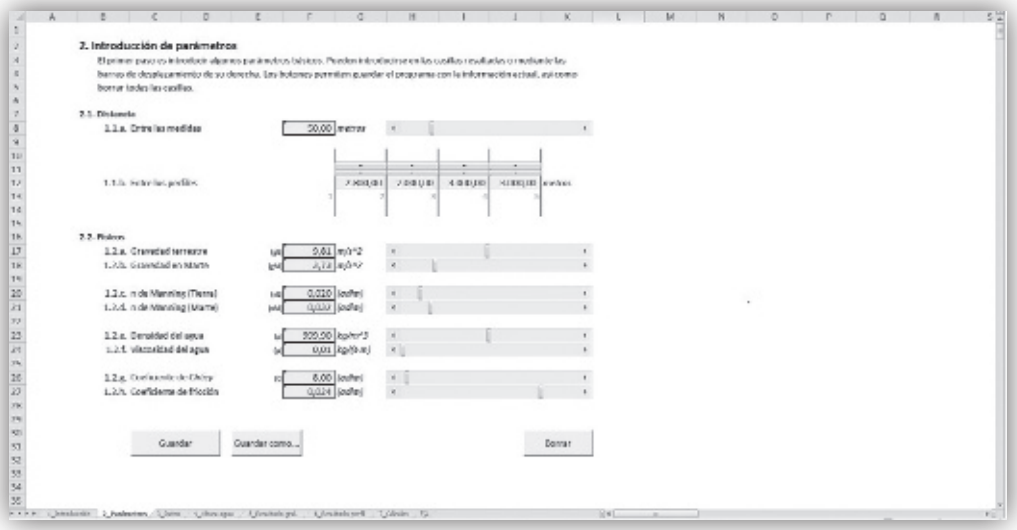


Figura 2. Hoja «2_Parámetros», donde deben ser introducidos los parámetros generales para los subsiguientes cálculos. La inclusión de botones y barras facilita su uso por parte del alumno.

Los parámetros físicos son la gravedad de la Tierra (y de Marte), la *n* de *Manning* para ambos planetas (véanse Fórmula [2] y [4]), la densidad y viscosidad del agua, así como el coeficiente de *Chézy* (Ecuaciones [7] y [8]) y el factor de fricción (Ecuaciones [11] y [12]). Todos estos valores pueden introducirse manualmente o mediante las barras localizadas a la derecha.

Mediante los botones inferiores es posible guardar el archivo y borrar todos los valores simultáneamente (*Figura 2*).

4.3 INTRODUCCIÓN DE LOS DATOS

En la siguiente hoja, «3_Datos» (*Figura 3*), se introducen los valores de los perfiles topográficos. La distancia entre los puntos debe ser la misma en todos los casos, y se rellena automáticamente gracias al dato

proporcionado en la hoja anterior. Por lo que solo resta introducir los datos de altitud para cada perfil consecutivo en su respectiva columna. El orden debe ser aguas abajo.

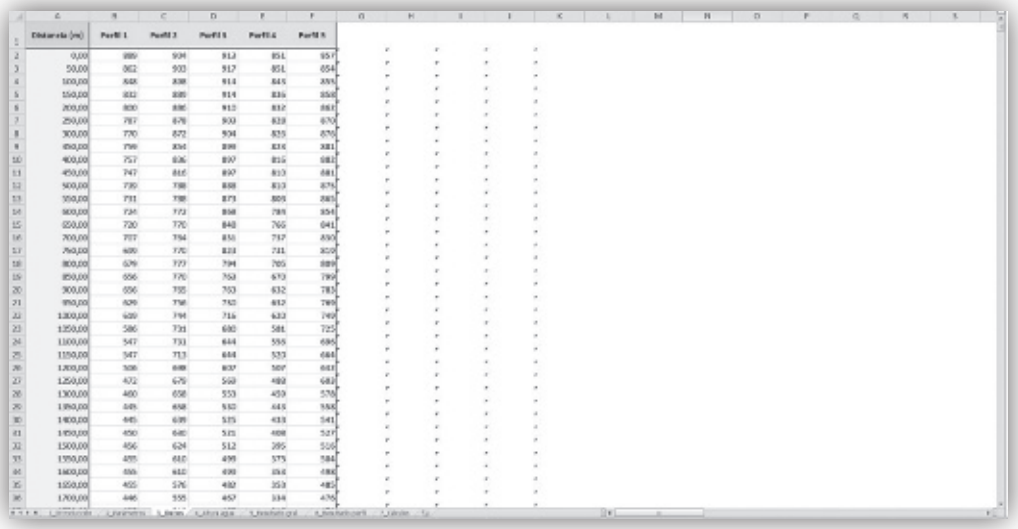


Figura 3. Hoja «3_Datos», donde se introducen los datos de altitud para los diferentes perfiles a analizar en sus correspondientes columnas.

La siguiente hoja denominada «4_Altura agua» (*Figura 4*) muestra los distintos perfiles introducidos con distintos colores. Sin embargo, para calcular tanto el caudal como la velocidad de un flujo es necesario estipular la altura que alcanzará el fluido en este perfil. La altura de la lámina de agua puede introducirse directamente para cada perfil o ajustarla mediante las flechas presentes en las respectivas celdas.

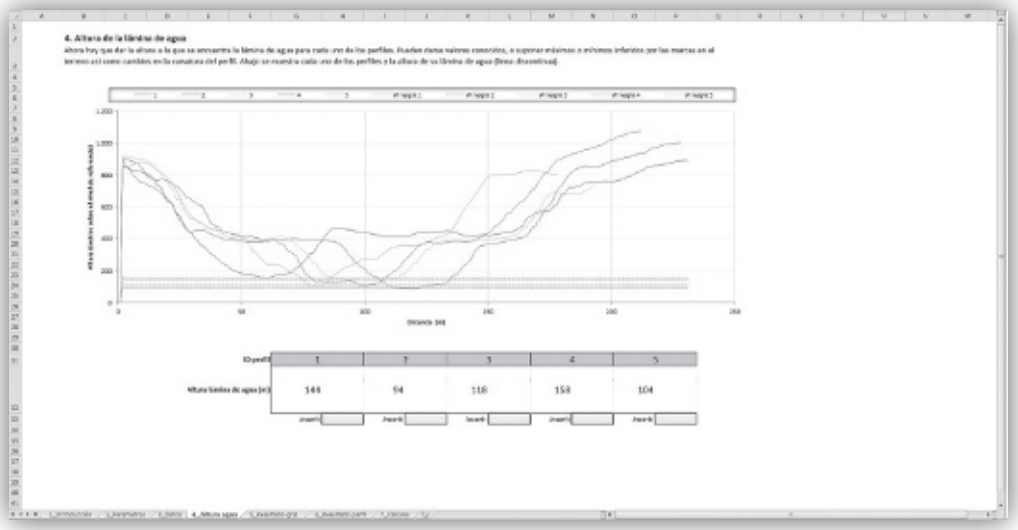


Figura 4. Hoja denominada «4_Altura agua», donde se determina e introduce la altura de la lámina de agua correspondiente a cada perfil. Tanto los perfiles transversales como la altura de agua marcada aparecen en un gráfico para su visualización.

4.4 Resultados, propuestas de análisis

Una vez introducidos todos los datos, al pasar a la siguiente hoja («5_Resultado gral.», *Figura 5*) podemos ver un resumen general de todos los resultados. Destacar la opción superior que permite cambiar entre los cálculos realizados para la Tierra o Marte (utilizándose los valores y ecuaciones correspondientes a

las condiciones de cada planeta). Por una parte aparecen las medidas intermedias: área y perímetro mojado, radio hidráulico y pendiente. La pendiente se obtiene respecto a la diferencia de nivel entre la altura del agua y la distancia entre ellos. Como esta medida es algo inferido, se ofrece la opción de introducir el valor directamente si se consigue medir de otra manera.

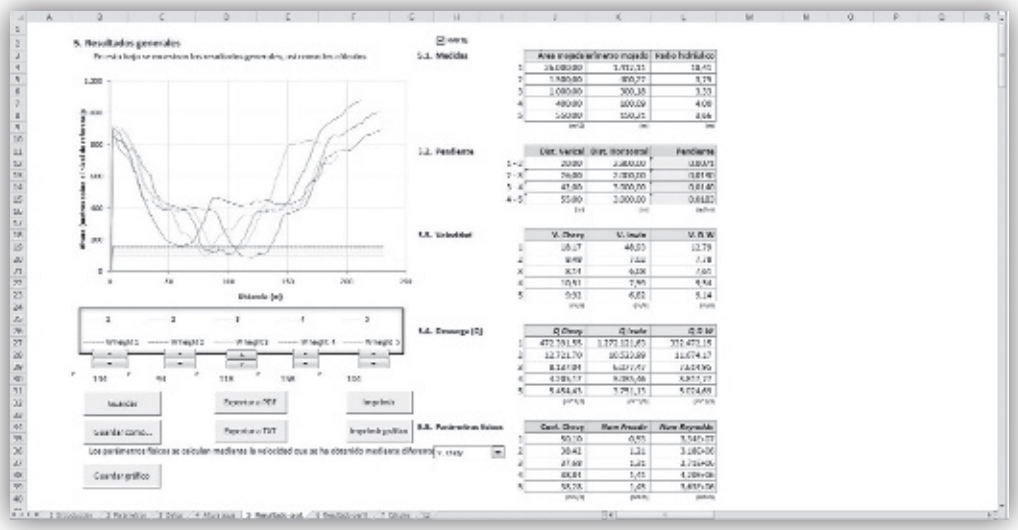


Figura 5. Hoja bajo el nombre de «5_Resultado gral.», donde se muestran los valores de velocidad y caudal, así como otros parámetros. Además de visualizar los perfiles y el nivel del agua, permite variar este último para realizar ajustes.

Bajo estos datos (Figura 5), se localizan las velocidades calculadas para cada perfil según tres métodos (Chèzy, Darcy-Weisbach e Irwin) y los caudales calculados a partir de estas velocidades. A la izquierda (*Figura 5*) se muestra una gráfica con los perfiles y se ofrece la posibilidad de variar la altura de la lámina de agua para ajustar los resultados.

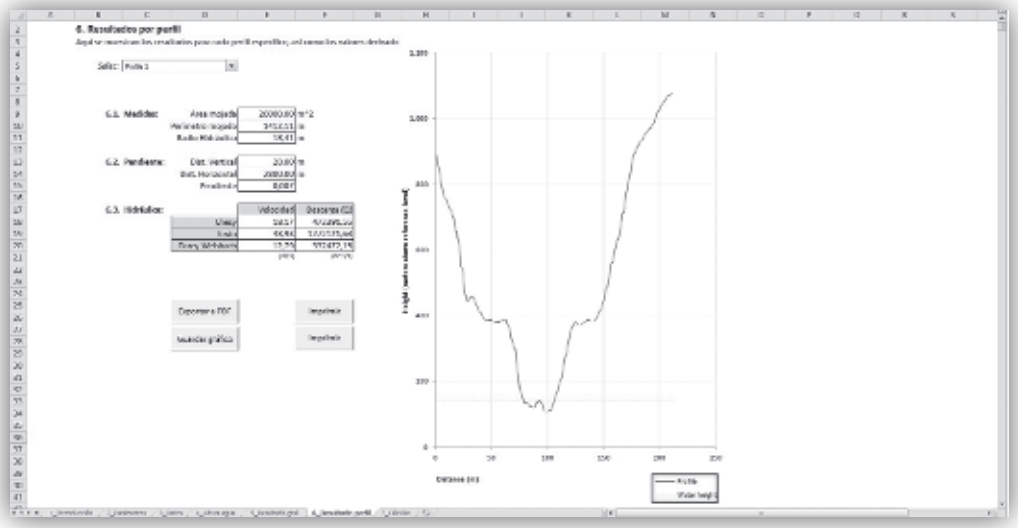


Figura 6. Hoja «6_Resultado perfil», donde se pueden obtener los resultados individualmente para cada perfil.

Un último dato a mostrar son los parámetros físicos, siendo necesario seleccionar para los valores calculados bajo qué método queremos calcularlos. De la misma manera en esta hoja aparecen múltiples botones que permiten guardar los cambios, exportar en PDF o TXT un resumen de los resultados, así como imprimirlos directamente.

La hoja «6_Resultado perfil» (*Figura 6*) ofrece los resultados anteriores pero separados por cada perfil, seleccionándolos individualmente. De la misma forma que en la hoja anterior, las opciones de guardar e imprimir son seleccionables mediante botones.

Por último, destacar que en «7_Cálculos» aparecen los cálculos intermedios a partir de los cuales se obtienen los resultados finales. De esta forma se pueden revisar las partes intermedias del proceso de cálculo.

5. Aplicaciones y ejercicios

Como se ha mostrado en el apartado anterior, HydraMars supone una herramienta potente y sencilla para realizar cálculos de velocidades y caudales en canales abiertos. Ahora bien, ¿cómo se puede aplicar esta herramienta en el aula?, ¿qué ejercicios pueden llevarse a cabo? En este apartado haremos un breve repaso a algunos ejemplos de actividades.

Por una parte, el estudio de cómo varían los parámetros hidráulicos a lo largo del curso de cualquier canal puede servir de apoyo en la explicación de la dinámica de ríos y su formación. Por ejemplo, que la parte alta de un río muestra las secciones más estrechas, con menor caudal y por tanto con mayor velocidad; y que las más bajas, por el contrario, acumulan un mayor caudal a costa de ampliar su sección y disminuir la velocidad de flujo, es algo que se puede mostrar fácilmente con casos reales a lo largo de todo el globo. La realización de una práctica en que el alumno escoja un curso de agua, la localice en el mapa, definiendo su morfología, para finalmente calcular velocidades y caudales en dos o más secciones del mismo (e incluso diferentes afluentes), puede ser una buena forma de asentar estos conocimientos en el alumno. Los resultados obtenidos pueden compararse (o complementarse) con datos reales de estaciones de aforo, accesibles a través de las diferentes Confederaciones Hidrográficas.

Al igual que para analizar las diferencias entre los tramos de un río, un ejercicio similar puede servir para estudiar las diferencias entre distintos tipos de canales[14]. En el caso particular de Marte, por ejemplo, encontramos canales formados por inundaciones catastróficas conocidos como **canales de desbordamiento** (*outflow*), pequeños regueros que se localizan en escarpes principalmente de cráteres denominados **surcos** o **torrenteras** (*gullies*); valles anchos y de fondo plano relacionados con el deshielo y que suelen denominarse como **canales corroídos** (*fretted*), y **canales de escorrentía** (runoff), similares a sus homónimos terrestres. Comparar los parámetros presentes en estos diferentes tipos de canales sirve como una excelente manera para explicar la acción de los diferentes procesos de formación de canales. De esta forma se puede explicar al alumno la estrecha relación entre la hidráulica de un canal y cómo afecta esta a su morfología. Una última sugerencia sobre posibles actividades en el aula sería el realizar una comparativa entre los canales y las condiciones de la Tierra y Marte. Por ejemplo, tomando un canal de la Tierra y realizando los cálculos, para más tarde comparar los resultados con ese mismo canal si se encontrara en Marte (utilizando las opciones de la hoja de cálculo como, por ejemplo, son la gravedad de Marte). Los valores de caudal y velocidad serán diferentes, pero si estos fueran los mismos… ¿Esperaríamos que la morfología fuera distinta? ¿En qué sentido? Variando los parámetros en la hoja de cálculo podemos tratar de averiguar cuáles serían las condiciones que debería presentar ese canal para tener los mismos valores de caudal o velocidad de flujo en ese tramo. Un ejercicio a la inversa sería también una buena propuesta. ¿Cuánta agua llevaría y a qué velocidad circularía esta, en un canal idéntico al Tajo pero localizado en Marte?

6. Conclusiones

Mediante el uso de HydraMars, esta hoja de cálculo que aquí se presenta, se pueden realizar múltiples prácticas y ejercicios a distintos niveles relacionados con la hidrología de canales abiertos. Estos ejercicios

[14] Baker, V. R. (1982). *The Channels of Mars*. Austin (Texas, EE UU), University of Texas Press, 198 p.

permitirían al alumno poner en juego una gran cantidad y variedad de conocimientos, así como entender fundamentos de geología, física y matemática mediante la utilización del análisis crítico. El uso de datos reales y la inclusión de Marte como un nuevo factor que modifica parámetros que de otra forma resultarían fijos motiva a los alumnos y confiere un mayor potencial didáctico a esta herramienta de aprendizaje. Además, el diseño sencillo y visual hace fácil de entender y aprender a utilizar esta herramienta, y la posibilidad de exportar los datos en distintos formatos permite que puedan fácilmente requerirse resultados para su evaluación o inclusión en informes de prácticas. Por todo lo anteriormente expuesto, consideramos que HydraMars es una buena herramienta didáctica que puede ser muy útil, tanto en el caso de alumnos de enseñanza secundaria como superiores.

La ciencia más allá de la teoría: prácticas de laboratorio y otras experiencias

El diseño de pequeñas investigaciones como metodología didáctica de las ciencias

Beatriz Martín Castro, Ana María Vacas Rodríguez

Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas.
Universidad Complutense de Madrid.
C/ José Antonio Nováis, 2, 28040 Madrid
bmartinc@bio.ucm.es; amvacas@bio.ucm.es

Palabras clave: Didáctica de las ciencias, diseño experimental, alfabetización científica.

Key words: Science teaching, experimental design, scientific alphabetisation.

Resumen

La enseñanza de las ciencias naturales pretende básicamente que los futuros ciudadanos comprendan los procesos de construcción y justificación del conocimiento científico. Para lograrlo, se deben desarrollar herramientas didácticas propias de las ciencias naturales capaces de recrear el proceso que siguen los científicos a la hora de plantear una investigación aplicando el método científico.

El objetivo es que los alumnos adquieran las competencias necesarias para plantearse problemas, enunciar sus propias hipótesis y diseñar experimentos que les suministren datos, para ir construyendo su conocimiento escolar a partir de una realidad observable.

En este trabajo se exponen los resultados de la aplicación de una metodología basada en el diseño y posterior realización de experimentos. Se consigue que los estudiantes sean capaces de considerar las fortalezas y debilidades del método científico, lo que conlleva una alfabetización científica, aplicable tanto a los alumnos de primaria y secundaria como a los futuros maestros.

Abstract

The teaching of science basically aims that future citizens understand the processes of scientific knowledge construction and justification. To achieve this, didactical tools, specific to the natural sciences, must be developed. These tools should be able to recreate the process that scientists follow when they come to pose a research by applying the scientific method.

The aim is that the students gain the necessary abilities to raise problems, formulate their own hypotheses and design the experiments that would provide them with information, in order to build their own knowledge from a perceptible reality.

In this paper, the results of a methodological implementation based on the design and later application of experiments are presented. The students were able to weight up the strengths and weaknesses of the scientific method, what entails a scientific alphabetisation, applicable either to primary and secondary school students, or to future teachers.

INTRODUCCIÓN

Cuando nos acercamos al diseño de las programaciones didácticas en ciencias nos damos cuenta de que, en las últimas décadas, se ha pasado de la dedicación casi absoluta al ámbito conceptual, a un incremento de las cuestiones actitudinales y, sobre todo, procedimentales. Este cambio, que promueve una educación más activa por parte del alumno y más dinámica en el ámbito del aula, tiene una importancia fundamental para la alfabetización científica ya que incrementa el grado de comprensión de las posibilidades y veracidad de los resultados científicos.

El desarrollo real de estas concepciones didácticas es especialmente significativo cuando se trabaja con alumnos universitarios que van a ser educadores en su vida profesional, ya que aplicar el «aprender haciendo» es más difícil de conseguir si no se han tenido experiencias personales previas. Además, estos alumnos ya han estudiado suficientemente los conceptos que luego van a enseñar, tanto en las enseñanzas medias como en asignaturas dentro del propio currículo de magisterio. Para ellos se diseñó la metodología que vamos a exponer en este trabajo, aunque puede ser adaptada a cualquier nivel, simplemente siendo realistas en cuanto a los conocimientos reales que tienen los alumnos con los que se quiera trabajar.

Para abordar este tipo de enseñanza y aprendizaje se propone una metodología de estudio basada en el procedimiento por antonomasia de la ciencia empírica moderna: el método científico.

Normalmente, cuando se explica el método científico, se expone de manera teórica la forma de proceder de la ciencia, aunque, tanto los alumnos como el propio maestro, suelen tomar distancia sobre el tema, y los ejemplos que sirven para su comprensión están muy lejos del ámbito real de la escuela, entendiéndose como una mera receta o, disociando su enseñanza de la de los contenidos, con escasa referencia a los aspectos metodológicos (Daza-Pérez y Moreno-Cárdenas, 2010). Por esta razón no se logra entender «la naturaleza de la ciencia y el sentido de los contenidos científicos dentro de una estructura racional coherente» (Caravalho, 2007).

Sin embargo, si lo que se pretende es proporcionar una educación científica válida, no se puede dejar de recrear todo el proceso de construcción del conocimiento científico. Se trata de que los propios alumnos se planteen problemas, intenten enunciar sus propias hipótesis, diseñen experimentos que les suministren datos, para ir construyendo su conocimiento escolar en el campo de las ciencias naturales (Liguori y Noste, 2007).

Además, resulta imprescindible que este conocimiento se vaya generando en constante discusión tanto con un pequeño número de compañeros en el ámbito de un grupo de trabajo como con el resto de la clase.

Investigadores del área de educación en ciencias apuntan la necesidad de clases en las que los estudiantes tengan la oportunidad de practicar el razonamiento y la argumentación, especialmente de cuestiones científicas (Alves y Sá, 2010; Dawson y Venville, 2010; Sá y Queiroz, 2007; Kolsto, 2006). Driver, Newton y Osborne (2000) resaltan la importancia de la argumentación en la enseñanza de las ciencias e indican como esta puede ayudar a los alumnos en los procesos de toma de decisión sobre determinadas cuestiones. Capecchi y Carvalho (2000) acreditan que un espacio destinado a la puesta en común de los alumnos, y más específicamente a la argumentación en clase, es fundamental ya que los alumnos entran en contacto con algunas habilidades importantes dentro del proceso de construcción del conocimiento

científico tales como reconocimiento de afirmaciones contradictorias, identificación de evidencias y confrontación de evidencias con teorías.

Así, a partir del diseño básico de experimentos, se va construyendo un conocimiento profundo del funcionamiento de la ciencia, trabajando en equipos y en el metagrupo que forma la propia clase. Se adquiere práctica en el desarrollo de experiencias significativas en cuanto al aprendizaje de las ciencias, lo que permite la valoración correcta de las cuestiones científicas necesarias en la vida.

Vistos los antecedentes, los objetivos de nuestra propuesta son tres:

1. dotar a los futuros educadores de herramientas útiles para el desarrollo de su profesión,
2. formarlos en cuanto a los métodos que utilizan los científicos al abordar un problema real, y
3. fomentar mecánicas de trabajo participativas. Estas mecánicas, en las que los alumnos discuten en clase, son fundamentales ya que entran en contacto con habilidades importantes dentro del proceso de construcción del conocimiento científico, como el reconocimiento de afirmaciones contradictorias, la identificación de evidencias y la confrontación de estas evidencias con las teorías existentes y las hipótesis propuestas.

Esta propuesta fue aplicada en una clase de tercero de la Diplomatura de Magisterio del Centro de Estudios Superiores CES Don Bosco, a lo largo de dos meses del curso 2010/2011. Los ejemplos aportados proceden de los trabajos que realizaron los alumnos a lo largo de ese periodo.

Desarrollo de la metodología

Nuestra propuesta puede dividirse en cuatro fases secuenciales:

Primera fase

La primera consiste en un estudio teórico de la investigación científica, en el que, por un lado, se identifican las distintas partes del método, poniendo especial énfasis en aquellas relacionadas con el diseño experimental. Por otro, se trabajan las cuestiones básicas de estadística (como el tratamiento de los datos, el tamaño muestral, etc.) y por último se estudia el artículo científico como producto final del proceso de investigación.

Así, las primeras sesiones se dedican a la parte teórica. Es importante trabajar con ejemplos claros y hacer hincapié en las partes en las que se expone cómo diseñar la investigación, así como en la estadística que puedan necesitar en sus trabajos, que aunque sea muy simple es de gran importancia, sobre todo en los experimentos relacionados con las ciencias de la vida.

En cuanto a la base de nuestro trabajo, que es el diseño experimental, se ha estructurado en una serie de pasos, de fácil manejo:

1. Reconocimiento de que un problema existe:

Es una fase libre e imaginativa, aunque es necesario contar con un apoyo bibliográfico sobre el fenómeno que vamos a estudiar. Hemos de poner bibliografía a disposición de los alumnos ya que tendrá la función de informar sobre el estado de la cuestión en general, y sobre los métodos que se han utilizado para aproximarse al fenómeno.

2. Formulación del problema:

Debería responder a las cinco siguientes cuestiones.

- **¿Qué?** Se refiere al objetivo del trabajo. Este objetivo tiene que reflejarse en el título de la investigación, que ha de ser muy conciso.

- **¿Quién?** Se trata de definir el objeto de estudio; es importante ser riguroso y explicitar el nivel de organización que se estudia, ya que los distintos procesos pueden afectar de manera diferente a los distintos niveles de organización. También definiremos los factores y las variables a estudiar.

- **¿Cómo?** Cómo vamos a abordar el trabajo: qué aparatos de medida vamos a utilizar, en qué escala espacial y temporal vamos a trabajar, etc.

  Se trataría de tener una especie de inventario de todo el material que vamos a necesitar para nuestro experimento.

  Aquí podemos encontrarnos con uno de los problemas de diseño experimental: Los datos censurados son aquellos que solo contienen información parcial sobre la variable a estudiar. En general, las censuras pueden ser espaciales o temporales (cuando tomamos medidas hasta un determinado punto, si algún individuo sobrepasa ese punto, nuestras observaciones no son «totales»). También podemos censurar los datos de forma aleatoria, por ejemplo si un elemento de nuestro estudio se pierde o muere por causas distintas a las de nuestro trabajo, etc.

- **¿Dónde?** Se define si vamos a realizar nuestra experiencia en el laboratorio o en el campo, y las características de cada uno de estos lugares. Es importante que este punto se indique en el título.

- **¿Cuándo?** Es fundamental en los estudios relacionados con el medio natural, ya que pueden verse afectados por la estacionalidad, edad de los individuos, etc.

3. Establecimiento de factores y niveles que se van a utilizar en el experimento:

En un estudio tenemos dos tipos de variables:

- La variable dependiente: es nuestra variable de estudio.
- La variable o variables independientes, que también se llaman factores. Estos factores tienen que influir en la variable de estudio. Es recomendable trabajar con pocos factores para detectar con claridad los cambios en nuestra variable.

Los niveles del factor se refieren a las intensidades que cada factor toma. Hay que definirlos claramente ya que de esto dependerá la clase de resultados que vamos a conseguir.

Llamamos tratamiento a cada uno de los experimentos individuales. El número de tratamientos se calcula multiplicando el número de factores por el número de tratamientos de cada factor. En este punto tenemos que trabajar con el concepto «potencia del ensayo», que se refiere a la capacidad del estudio para obtener respuestas significativas, y tiene una relación directamente proporcional con el número de observaciones.

4. Especificación de las variables dependientes a medir:

Las variables deben sufrir modificación en función de los factores. Esta cuestión es fundamental para que funcione la metodología, y resulta confusa para muchos de los alumnos. Por eso hay que hacer hincapié y poner ejemplos significativos, tanto correctos como de incorrecciones. Además, hay que tener en cuenta que si tenemos varias variables, estas pueden ser independientes o pueden co-variar. De manera general se aconseja elegir variables que sean independientes para tener una visión clara de las relaciones causa-efecto.

5. Definición de la influencia espacial y temporal del problema:

Hay que considerar siempre las inferencias espacial y temporal. En el título del experimento tienen que quedar muy claros los dos puntos.

6. Selección de las unidades experimentales (si fuera necesario):

En este punto es importante tratar temas estadísticos como los tipos de estudio que pueden realizarse con una determinada población. Los conceptos de censo, estudio de caso y muestreo son fundamentales a la hora de configurar el estudio. También han de estudiarse las ventajas y los riesgos de cada tipo de estudio, como la divergencia al azar, el sesgo sistemático y los métodos de muestreo inadecuados.

7. Asignación de los tratamientos a las unidades experimentales:

Como habremos visto en la fase anterior, la estadística exige que para aplicar las pruebas a los datos, estas sean independientes, para lo que, en la medida de lo posible, tomaremos los datos al azar. También deberemos utilizar el azar al asignar los tratamientos a las unidades experimentales: la selección de las zonas a muestrear, la recogida de datos cuando no puede hacerse toda al mismo tiempo, etc.

8. Perfilado de los análisis antes de la toma de datos:

Para minimizar la cantidad de información que tenemos que obtener en cada muestreo, hemos de conocer la prueba estadística que vamos a aplicar. En esta etapa determinamos cómo analizar los datos y qué herramientas de análisis estadístico son adecuadas para este propósito. El tipo de análisis de los datos depende al menos de los siguientes factores:

a) el nivel de medición de las variables y

b) el tipo de hipótesis formulada.

El diseño de investigación utilizado indica el tipo de análisis requerido para la comprobación de hipótesis. Cuando el número de muestras es grande, podremos trabajar con estadística paramétrica. Si el número es pequeño, tendremos que conformarnos con las pruebas de la estadística no paramétrica.

9. Toma de datos:

A la hora de tomar los datos, hay que tener en cuenta el método de medida considerado. Para seleccionar el más adecuado nos acercaremos a la bibliografía disponible sobre el tema.

Es fundamental que todas las observaciones se realicen del mismo modo, con la misma metodología, por lo que hay que dejarla clara por escrito, para que la totalidad de los datos recogidos respondan a los mismos criterios y para que el experimento sea repetible. Si en un estudio trabajan varias personas al mismo tiempo, han de asegurarse de que sus métodos de toma de datos son idénticos: si no, las variaciones en estas pueden ser entendidas como cambios en la variable de estudio, siendo en realidad problemas de validez interna.

10. Análisis de los datos:

Una vez concluida la toma de datos se realiza el análisis de los mismos. Analizar significa establecer categorías, ordenar, manipular y resumir los datos. En esta etapa del proceso de investigación se procede a racionalizar los datos colectados a fin de explicar e interpretar las posibles relaciones que expresan las variables estudiadas.

11. Conclusiones

El análisis de datos, con la obtención de resultados que de él emana, es el precedente para la actividad de interpretación: las conclusiones del estudio. Aquí, el trabajo del alumno consiste en establecer inferencias sobre las relaciones entre las variables estudiadas para extraer conclusiones y recomendaciones. La interpretación se realiza en dos etapas:

a) Interpretación de las relaciones entre las variables y los datos que las sustentan con fundamento en algún nivel de significación estadística.

b) Establecimiento de un significado más amplio de la investigación, es decir, determinar el grado de generalización de los resultados de la investigación.

Tras exponer teóricamente las cuestiones básicas sobre diseño experimental, se procede a explicar las secciones del artículo científico. En general, el artículo es el resultado final del proceso de investigación. En nuestro caso se trata de que los alumnos sean conocedores de este tipo de publicaciones y redacten su trabajo ajustándose a la estructura habitual de un artículo científico.

Para mayor claridad, se relacionan los apartados del artículo científico con las fases del diseño experimental, así desde el comienzo del diseño tienen una guía de cómo tiene que quedar el trabajo al final (*figura 1*).

Fases del diseño de experimentos		Apartado de un artículo científico
1	Reconocimiento del problema	Introducción
2	Formulación del problema	Introducción
3	Establecimiento de factores y niveles	Material y método
4	Especificación de las variables	Material y método
5	Definición de la influencia espacial y temporal	Material y método
6	Selección de las unidades experimentales	Material y método
7	Asignación de los tratamientos	Material y método
8	Perfilado de los análisis	Material y método
9	Toma de datos	Resultados
10	Análisis de los datos	Resultados
11	Conclusiones	Conclusiones

Figura 1. Relación de las fases del diseño experimental con los apartados del artículo científico.

SEGUNDA FASE

En una segunda fase se diseñan los experimentos en grupo. La propuesta consiste en que cada grupo trabaje por separado y proponga una investigación recreando el proceso descrito en la parte teórica.

Sólo se limitan dos cuestiones:

- El tema a escoger, que tiene que estar relacionado con las ciencias naturales.
- La duración máxima de los experimentos, para que puedan adaptarse al desarrollo curricular que estemos utilizando.

Los principales proyectos de los alumnos aparecen en la *figura 2*.

Una vez finalizado el proyecto, cada equipo expone su trabajo al resto de los compañeros de la clase, que junto con el profesor ayudan a corregir los errores y los puntos débiles de diseño de tal forma que antes de pasar a la tercera fase tengamos experimentos adecuados y ejecutables (*figura 3*).

Grupo	Explicación breve del experimento
Grupo 1	Estudio del crecimiento de una especie de planta: el pimiento, *Capsicum annuum* L. en distintas condiciones ambientales (con agua, sin ella, con abono y sin él). Se midió el crecimiento de los distintos ejemplares para saber cómo afectaba cada uno de los factores al crecimiento de la planta.
Grupo 2	Estudio de la generación del moho del pan: se observó la aparición y crecimiento de moho en distintas clases de pan expuestas a diferentes condiciones de temperatura y humedad.
Grupo 3	Estudio de la resistencia de la cáscara de huevo sometida al contacto con el vinagre. Se observó la resistencia a la ruptura de la cáscara tras tratar los huevos un número diferente de horas con vinagre.
Grupo 4	Disolución del azúcar de mesa en distintas condiciones. La misma cantidad de azúcar de mesa (sacarosa) se disolvió en distintos disolventes (agua y agua oxigenada, peróxido de hidrógeno H_2O_2) y a distintas temperaturas.
Grupo 5	Demostración de que el aire tiene peso y cálculo de su densidad. Se planteó el pesar el aire a través de la ponderación de globos llenos que ocuparan distinto volumen. A partir de los datos obtenidos podría calcularse su densidad.
Grupo 6	Recreación del funcionamiento de un volcán. A partir de materiales caseros y a través de una serie de reacciones químicas se recreaba el aspecto de una erupción volcánica.
Grupo 7	Cristalización de la sal de mesa (cloruro sódico NaCl). Se estudió la formación de cristales a partir de distintas concentraciones de sal en agua y con distintas condiciones ambientales. Platos de plástico con agua y sal se pusieron al sol y a la sombra para ver qué tipo de cristales se formaban en cada caso.

Figura 2. Ejemplo de las propuestas de experimentos realizadas por los alumnos. Los grupos sombreados presentaron un experimento no válido.

Las principales dificultades que se encontraron en esta fase fueron:

- La confusión del concepto de experimento con la recreación experimental. Un gran número de alumnos buscan información en internet, y encuentran demostraciones vistosas en las que se intentan simular cuestiones relacionadas con el medio natural. Hay que aclarar que el experimento requiere la definición de unas variables, imposible en el caso de una demostración. Este fue el caso del Grupo 6 (*figura 2*), que tuvo que replantear completamente su trabajo después de la fase de presentación de los proyectos.
- Como se ha comentado más arriba, resulta ambigua para los alumnos la distinción entre variable y factor, y encontramos además problemas con datos censurados y cuestiones relacionadas con la precisión de los instrumentos disponibles en el centro.

En cuanto a los datos censurados, tanto los alumnos del Grupo 1 como los del Grupo 2 (*figura 2*) tuvieron que tener en cuenta que el crecimiento de los individuos podía no ser conspicuo debido al reducido tiempo experimental.

El experimento propuesto por el Grupo 5 (*figura 2*) no pudo realizarse por no disponer el centro de una balanza tan precisa.

Grupo	Variable dependiente	Variable independiente	Niveles				
1	Crecimiento de la planta	Grado de insolación	Sol			Sombra	
		Riego	Con riego			Sin riego	
		Abono	Con abono			Sin abono	
2	Presencia de moho en el pan	Humedad	Húmedo			Seco	
		Temperatura	ambiental			frío	
		Tipo de pan	normal			integral	
3	Resistencia de un huevo	Tiempo de tratamiento	12 h	24 h	48 h	72 h	106 h
4	Tiempo de disolución del azúcar	Temperatura	tibio		frío		
		Disolvente	agua		peróxido de hidrógeno		
7	Presencia de cristales de sal	Temperatura	sol		sombra		
		Cantidad de soluto disuelto	1 medida		2 medidas		3 medidas

Figura 3. Variables y niveles para cada experimento tras la exposición en el aula.

TERCERA FASE

La tercera fase consiste en la implementación de los diseños por los distintos grupos (*figura 4*).

Cuando sea posible se realizará en el centro educativo, bien en el aula, bien en algún laboratorio adecuado a la experiencia, o bien en el exterior.

Grupo	Desarrollo del experimento	Resultados obtenidos
Estudio del crecimiento del pimiento	Asignaron los tratamientos. Observaron a lo largo de una semana el aspecto de las plantas anotando las observaciones cualitativas y fotografiándolas. El 7.º día, midieron los individuos y compararon sencillamente los resultados.	Debido al bajo número de individuos y al poco tiempo experimental los resultados fueron poco significativos. Aún así se pudo observar un crecimiento desigual en las plantas con distintos tratamientos.
Estudio de la generación del moho del pan	Aportaron los tratamientos y dejaron transcurrir una semana para observar los resultados. Estos se anotaron en una tabla para mayor claridad, realizándose fotografías de cada rebanada.	Se apreciaron diferencias en cada tratamiento. El escaso tiempo entre la preparación y la toma de datos hizo que los resultados fueran menos vistosos de lo previsto.
Estudio de la resistencia de la cáscara de huevo sometida al contacto con el vinagre	Sumergieron a los individuos en la disolución siendo el tiempo el factor diferencial. En una segunda fase comprobaron la resistencia producida por el tratamiento soltando los huevos desde distintas alturas. Anotaron los resultados en una tabla, y grabaron el experimento en vídeo.	El diseño de esta experiencia resultó muy interesante, aunque la reacción química que subyacía fue comprendida solo parcialmente debido al nivel científico de los alumnos. Las cuestiones relativas al método científico fueron trabajadas profundamente.
Disolución del azúcar de mesa en distintas condiciones	Manteniendo la cantidad de disolvente y de soluto, anotaron en una tabla diseñada a tal efecto el tiempo que tardaba en disolverse el azúcar.	Los resultados fueron los esperados y el procedimiento muy claro.
Cristalización de la sal de mesa (cloruro sódico NaCl)	Prepararon los distintos tratamientos dejando pasar 72 horas. Anotaron los resultados en una tabla para facilitar su comparación. También tomaron fotografías de los distintos cristales y los describieron cualitativamente.	Los resultados, parecidos a los esperados, llevaron a conclusiones lógicas y a una buena comprensión del carácter experimental de este tipo de metodologías.

Figura 4. Experimentos realizados por cada grupo.

Cuarta fase

Dejando pasar los días necesarios para que los alumnos lleven a cabo sus experimentos y preparen sus informes, tiene lugar la presentación de los proyectos en clase. Se les exige que en ese momento tengan el artículo totalmente redactado y lo entreguen, ya que servirá como herramienta de evaluación.

La mayoría de los grupos eligen realizar presentaciones muy imaginativas con base tecnológica. Graban los experimentos en vídeo, hacen fotografías. En estas sesiones se produce una gran participación de todo el grupo.

Los artículos están, generalmente, bien estructurados, y los errores más frecuentes están relacionados con el lenguaje que emplean (normalmente demasiado sencillo) y con la poca búsqueda fuera del ámbito de internet que realizan, resultando las bibliografías un tanto pobres.

Un trabajo complementario consistiría en que cada grupo intercambiara su artículo con el de otro grupo, para volver a realizar el mismo experimento sólo con la ayuda de la descripción elaborada por los compañeros. Esto reforzaría la importancia de la expresión en la parte metodológica y serviría para comprobar los resultados obtenidos.

Conclusiones

Este tipo de actividades realizadas en clase contribuyen a la alfabetización científica de los alumnos que, al comprender cómo se construye el conocimiento, pueden situar mejor las conclusiones de otra manera «indiscutibles» que se les ofrecen.

El hecho de enfrentar a los alumnos a la metodología de las ciencias experimentales de manera directa y práctica hace que, en primer lugar, se pongan en un nuevo papel en el que son ellos los que controlan el proceso de creación de conocimiento, y en segundo lugar sean productores de nuevas verdades científicas, demostrables y repetibles, es decir, sean creadores de conocimiento científico válido.

Una de las cuestiones que resultó problemática fue el escaso conocimiento científico del que disponen los alumnos, que les impedía acceder a experimentos complejos y que en muchos casos generaba una caja negra entre el propio experimento y los resultados, desconociendo las razones últimas de cómo ocurría lo que allí estaba sucediendo.

Este tipo de aproximaciones enfatizan conceptos y métodos diseñados para promocionar habilidades como el análisis crítico y las actitudes propias de la resolución de problemas. Se ha observado que la participación activa de los alumnos en este tipo de procesos induce cambios actitudinales y promueve la curiosidad, la motivación y el desarrollo de interés en el tema trabajado.

Bibliografía

Alonso, A.V., Manassero, M.A., Díaz., J.A. y Romero, P.A. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la Ciencia: la comunidad tecnocientífica. *Enseñanza de las Ciências*, 6, 331-363.

Alves Brito, J.Q. y Sá L.P. (2010). Estratégias promotoras da argumentação sobre questões sócio-científicas com alunos do ensino médio *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol. 9 N.º 3, 505-529.

Campanario, J.M. (2004). Algunas posibilidades del artículo de investigación como recurso didáctico orientado a cuestionar ideas inadecuadas sobre la ciencia. *Enseñanza de las ciencias* 22(3), 365-378.

Capecchi, M.C.V.M. y Carvalho, A.M.P. (2000). Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5, 3, 171-189.

Caravalho, A.M. (2007). Habilidades de los profesores para fomentar la enculturación científica. *Tecné, Episteme y Didaxis*. Número extraordinario, 9-22.

CARRASCOSA, J.; TORREGROSA, J.; FURIÓ, C. y GUISASOLA, J. (2008). ¿Qué hacer en la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria? *Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien.* 5,2, 118-133.

DAZA-PÉREZ, E.P. y MORENO-CÁRDENAS, J.A. (2010). El pensamiento del profesor de ciencias en ejercicio. Concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 9 N.º 3, 549-568.

DAWSON, V.M. y VENVILLE, G. (2010). Teaching Strategies for Developing Students' Argumentation Skills About Socioscientific Issues in High School Genetics. *Research in Science Education*, 40, 2, 133-148.

DRIVER, R.; NEWTON, P. y OSBORNE, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education,* 84, 3, 287-312.

GARCÍA, E. (2008). La ciencia y la enseñanza de las ciencias en España: un ejercicio de memoria histórica. *Enseñanza de las ciencias* 26, 1, 125-140.

KOLSTO, S.D. (2006). Patterns in students' argumentation confronted with a risk-focused socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 28, 14, 1689-1716.

LIGUORI, L. y NOSTE, M.I. (2007) *Didáctica de las Ciencias Naturales. Enseñar a enseñar Ciencias Naturales.* Ed. Mad.

SÁ, L.P. y QUEIROZ, S.L. (2007). Promovendo a argumentação no ensino superior de química. *Química Nova*, 30, 8, 2035 2042.

INQUIRE: UN FUTURO SOSTENIBLE A TRAVÉS DE LA INDAGACIÓN

Alicia Fernández Rodríguez

Real Jardín Botánico Juan Carlos I, Universidad de Alcalá
Campus de la Universidad de Alcalá, 28805, Alcalá de Henares, Madrid
alicia.fernandez@uah.es

Marina Ferrer Canal

Real Jardín Botánico de Madrid. Agencia Estatal Consejo Superior
de Investigaciones Científicas (CSIC). C/Claudio Moyano 1, 28014 Madrid
mferrer@rjb.csic.es

Blanca Olivé de la Puente

Real Jardín Botánico Juan Carlos I, Universidad de Alcalá
Campus de la Universidad de Alcalá, 28805, Alcalá de Henares, Madrid
blanca.olive@uah.es

María Bellet Serrano

Real Jardín Botánico de Madrid. Agencia Estatal Consejo Superior
de Investigaciones Científicas (CSIC). C/Claudio Moyano 1, 28014 Madrid
bellet@rjb.csic.es

http://www.inquirebotany.org/

Palabras clave: Biodiversidad, cambio climático, indagación, educación, jardín botánico.

Key words: Biodiversity, climate change, inquiry, education, botanic garden.

Resumen

Los jardines botánicos de Madrid y Alcalá de Henares participan en un proyecto europeo de educación coordinado por la Universidad de Innsbruck y apoyado por la BGCI (*Botanic Gardens Conservation International*). Con este proyecto se pretende extender la Educación de las Ciencias Basada en la Indagación. Para ello, se imparten cursos de formación destinados al profesorado y a educadores de enseñanza no formal, que tendrán la oportunidad de profundizar sus conocimientos en esta metodología. El principal valor de este enfoque didáctico es que aborda la enseñanza desde una perspectiva constructivista o inductiva, promoviendo la observación, la experimentación y el pensamiento crítico. La realización de estos cursos también permitirá al profesorado crear un nexo de unión entre la educación formal y la enseñanza fuera del aula.

Además, a través de la página web del proyecto (http://www.inquirebotany.org/), que contiene recursos educativos y noticias relacionadas con la Biodiversidad y el Cambio Climático, se crea una comunidad de práctica en la que profesores y educadores pueden compartir recursos y experiencias docentes.

Abstract

The Botanic Gardens of Madrid and Alcalá de Henares are participating in a European project coordinated by the University of Innsbruck and supported by the BGCI (Botanic Gardens Conservation International). The aim of this project is to promote Inquiry-Based Science Education. In order to achieve this goal, a series of teacher training courses are offered, who will have the opportunity to deepen their knowledge about this matter. This methodology approaches teaching from a constructivist or inductive perspective, promoting observation, experimentation and critical thinking. Attending these courses they will have the opportunity to create a link between formal education and teaching outside the classroom.

The website of the project (http://www.inquirebotany.org/) contains educational resources and news related to Biodiversity and Climate Change. It creates a community of practice in which teachers and educators can share resources and teaching experiences.

El proyecto y sus objetivos

INQUIRE (*Inquiry-based teacher training for a sustainable future*) es un proyecto de tres años de duración (diciembre 2010 – diciembre 2013) financiado por la Unión Europea bajo el 7.º Programa Marco. Su principal objetivo es extender la «Educación de las Ciencias Basada en la Indagación» (ECBI) en los sistemas de educación formal y en la enseñanza fuera de las aulas a través de Europa. Pero además, pretende estimular el aprendizaje de las ciencias desde edades tempranas e involucrar a los jóvenes en la conservación de la biodiversidad y el cambio climático, dos de los principales problemas globales a los que nos enfrentamos en la actualidad.

Instituciones participantes

En el proyecto participan 17 Instituciones de 11 países (*Figuras 1 y 2*). La organización que lo coordina (BGCI) ofrece apoyo a todos ellos. Asimismo, en su página web (http://www.bgci.org/) proporciona numerosos recursos educativos que están disponibles para el público en general.

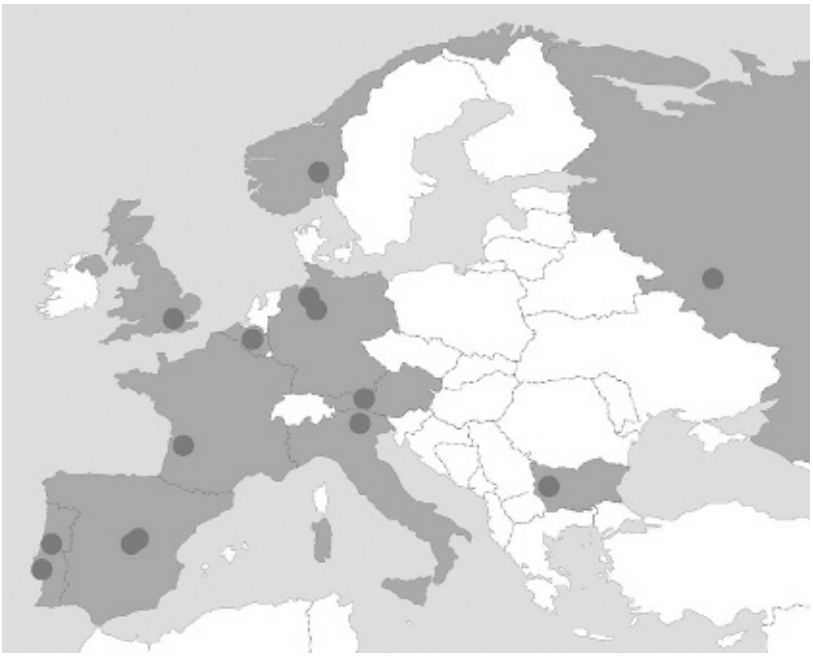


Figura 1. Países participantes. Fuente: INQUIRE.



Figura 2. Instituciones participantes. Fuente: INQUIRE.

¿Por qué se eligieron los Jardines Botánicos?

La importancia recae en que son lugares ideales para la enseñanza de las ciencias por encontrarse, generalmente, dentro de los centros urbanos, siendo de fácil acceso al público. Del mismo modo, cuentan con personal experto y atesoran numerosos recursos como colecciones de plantas vivas, además de material histórico (herbarios, bibliotecas, etc.).

Los Cursos de Formación del Profesorado

El Real Jardín Botánico Juan Carlos I (Universidad de Alcalá) y el Real Jardín Botánico (CSIC) imparten conjuntamente cursos de formación del profesorado y de educadores de enseñanza no formal con la colaboración del Instituto de Formación del Profesorado del Ministerio de Educación y el Centro Regional de Innovación y Formación Las Acacias de la Comunidad de Madrid.

Estos cursos, dirigidos a profesores de Primaria (4.º, 5.º y 6.º) y Secundaria (1.º y 2.º de ESO), comprenden sesiones teóricas y numerosas actividades prácticas. El curso piloto se llevó a cabo en septiembre de 2011, con la participación de 31 profesores y 6 educadores de los jardines botánicos mencionados.

Los cursos suponen numerosos beneficios a los profesores ya que les proporcionan un desarrollo profesional gratuito y la posibilidad de obtener créditos de formación. Igualmente, les permiten formar parte de una red europea de profesores, educadores e investigadores con los que compartir recursos e ideas.

Toda la información sobre los cursos (inscripciones, fechas, estructura, contenidos, etc.) se puede encontrar en la página web del proyecto http://www.inquirebotany.org/, cuya última finalidad es facilitar a los profesores y educadores el intercambio de noticias, opiniones y recursos.

La enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI)

Como se ha mencionado anteriormente, el principal objetivo de INQUIRE es extender el método de la ECBI. La Real Academia Española define indagar como «intentar averiguar, inquirir algo discurriendo o con preguntas».

También se define como una actividad multifacética que incluye la observación; el planteamiento de preguntas; la búsqueda de información; el diseño de experimentos; el uso de la tecnología para recopilar, analizar e interpretar datos; la formulación de respuestas y explicaciones y la comunicación de los resultados. Además, fomenta el pensamiento crítico y la habilidad de razonar.[1]

El aprendizaje empieza con un problema a resolver. En este proceso el alumno toma un papel activo, partiendo de un conocimiento previo tratará de resolver el problema relacionando los conceptos que vayan surgiendo con aspectos de su vida cotidiana, construyendo un nuevo conocimiento en el transcurso.

En el aprendizaje basado en la indagación los estudiantes llevan a cabo sus propias investigaciones. En ellas, tienen la oportunidad de plantear sus propias preguntas y buscar respuestas por sí mismos. Este tipo de aprendizaje permite que los alumnos trabajen de una manera independiente pero siempre bajo la supervisión del profesor, quien debe tratar de que sean conscientes de su propia forma de pensar y de que tengan el control sobre su proceso de aprendizaje. Para ello, deben ayudar continuamente a los estudiantes a reflexionar sobre su propio progreso.[2]

El aprendizaje basado en la indagación es acorde con las ideas modernas de la psicología del aprendizaje, que considera que los alumnos tienen un papel activo en su aprendizaje. El punto de vista conductista del aprendizaje (Skinner, 1974), se basa en la idea de que los comportamientos que son regularmente premiados serán reforzados mientras que los que son repetidamente castigados desaparecerán, situando el control del aprendizaje fuera del estudiante. El alumno es el receptor de los conocimientos previamente confeccionados, los cuales tienen que ser aceptados y memorizados. Esto es completamente contrario a la visión del aprendizaje constructivista, donde los estudiantes razonan y relacionan experiencias nuevas y previas.[3]

Esta perspectiva, en la que el profesor les guía y facilita en el proceso, se enfrenta al método tradicional conductivo donde el profesor transmite directamente los conocimientos al alumno (*Figura 3*).

	Aprendizaje basado en la indagación	Aprendizaje tradicional
Teoría del aprendizaje	Constructivismo	Conductismo
Participación del alumno	Activo	Pasivo
Implicación del alumno en sus resultados	Alta responsabilidad	Baja responsabilidad
Papel del alumno	Soluciona problemas	Sigue directrices
Objetivos del currículum	Orientados a procesos	Orientados a los resultados/hechos
Papel del profesor	Guía, facilita	Dirige transmite

Figura 3. Aprendizaje basado en la indagación frente al aprendizaje tradicional. Adaptado de Lewellyn, D. (2002)[4].

Diversos estudios de la Comisión Europea[5] señalan que la indagación es una de las metodologías que mejoran eficazmente el aprendizaje de las ciencias, pero, por varias razones, este tipo de enseñanza no ha tenido éxito y no se practica actualmente en las aulas europeas de forma mayoritaria.

LOS MITOS DE LA ECBI

A continuación se explican algunos conceptos erróneos sobre la ECBI que quizá hayan contribuido a dificultar su implantación en las aulas:

1. Es una moda pasajera[6]. Esta afirmación no es del todo cierta si consideramos que desde principios del siglo XX diversos autores han fomentado esta metodología. En 1910 John Dewey, un exprofesor de ciencias, recomendó incluir la indagación en el currículum de ciencias en Estados Unidos. Este hecho asentó las bases para el modelo de la *Commission on Secondary School Curriculum* (1937) titulado *Science in Secondary Education.* Posteriormente Schwab (1960); Welch, Klopfer, Aikenhead y Robinson (1981); Rutherford y Ahlgren (1989); DeBoer (1991), Howe (1997) también recomendaron que la ciencia fuese enseñada desde la perspectiva de la indagación. Por otra parte, Welch *et al.* reconocieron las razones por las que los profesores no usaban la indagación e identificaron las limitaciones que suponía: la preparación de los profesores, la organización, la falta de tiempo, los materiales disponibles, la falta de apoyo, el excesivo énfasis dado al contenido y la dificultad de enseñar, etc. En 1996, el *National Research Council* publicó un documento, *The National Science Education Standards*, donde se promulgaba que la indagación era el objetivo fundamental de la cultura científica.
2. Son solo actividades prácticas o de laboratorio. Aunque muchas actividades basadas en la indagación son prácticas, no todas las actividades prácticas están basadas en la indagación. Generalmente, las actividades de laboratorio son «manuales de cocina» muy dirigidos en los que se dice a los estudiantes qué preguntas resolver, qué materiales utilizar y cómo resolver estas preguntas o problemas. Sin embargo, en la ECBI siempre se tiene en cuenta el espíritu crítico del alumno, que tomará decisiones sobre los procesos y materiales a utilizar.
3. Es desestructurado y caótico. En un principio puede parecer descontrolado, pero en realidad las fases están estructuradas por el profesor. Por tanto, sus habilidades en el aula son primordiales para mantener la clase bajo control. Además, se requiere más preparación y anticipación para las posibles preguntas que planteen los alumnos.
4. La ECBI es plantear muchas preguntas a los alumnos. Más que plantear muchas preguntas es, en realidad, el profesor el que debe estimular a los alumnos de forma que ellos planteen sus propias preguntas mientras él se transforma en un guía del proceso.
5. Sólo es adecuado para primaria, en secundaria no hay tiempo suficiente. Es cierto que el contenido del currículum de secundaria es ajustado y que la ECBI requiere más tiempo. Sin embargo, este método no sugiere que todo el contenido se base en la indagación, sino que se utilice como complemento para mejorar el aprendizaje.
6. No se puede evaluar. Se puede llevar a cabo tanto la evaluación formativa como la sumativa, pero utiliza otros métodos como: portafolios, mapas conceptuales, diarios, etc., junto con preguntas objetivas que proporcionan un conjunto mucho más rico de evidencias para evaluar tanto las habilidades como el contenido adquirido por el alumno.
7. Solo está indicado para estudiantes avanzados pero no para aquellos que tienen necesidades especiales. De acuerdo al *National Research Council* (1996) y a la *American Association for the Advancement of Science* (1990) se puede aplicar a todos los estudiantes, independientemente de su edad, origen cultural o étnico, género, habilidades físicas o académicas. En muchos casos se obtienen mejores resultados, ya que les permite expresarse usando otras capacidades (como por ejemplo el dibujo) y estimula su participación.

EL CICLO DE LA ECBI

Todas las sesiones basadas en la indagación comprenden una serie de etapas (*Figura 4*):

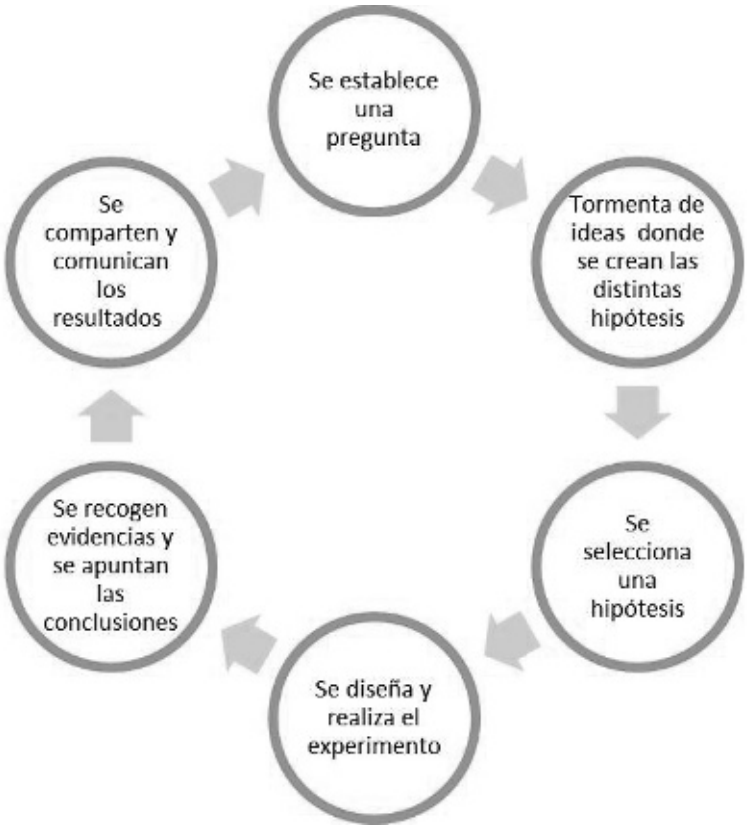


Figura 4. Ciclo de la ECBI. Adaptado del *National Research Council* (1996).

RECURSOS DOCENTES BASADOS EN LA INDAGACIÓN

Durante los cursos INQUIRE se pretenden mostrar diversos recursos didácticos basados en el ciclo de la ECBI, tanto creados durante el proyecto como recursos existentes, todos ellos relacionados con la Biodiversidad y el Cambio Climático. El profesor inscrito a los cursos puede acceder a través de la página web http://www.inquirebotany.org/ (*Figura 5*) a todos estos recursos y a los contenidos del curso para utilizarlos directamente, facilitándole su enseñanza.

Además, al tratarse de un proyecto a nivel europeo, existen recursos en 10 idiomas (español, inglés, francés, alemán, italiano, portugués, ruso, búlgaro, neerlandés y noruego), lo que también puede resultar de gran utilidad a los docentes.

Algunos recursos utilizados en los cursos se muestran a continuación:



Figura 5. Página web del Proyecto. Fuente: http://www.inquirebotany.org/

CO_2 en el Mundo: su distribución y absorción (Figuras 6, 7 y 8)

RESUMEN:

Los estudiantes reflexionarán sobre cómo el CO_2 se distribuye en el mundo y por qué. También reflexionarán sobre el papel de las plantas con respecto al CO_2. A través de un simple experimento producirán CO_2 y este experimento les servirá de base para diseñar otro experimento que demuestre que las plantas absorben CO_2.

OBJETIVOS:

- Aprender cómo se distribuye el CO_2 en el mundo y por qué.
- Entender la función de las plantas en la absorción del CO_2.
- Concienciar sobre la importancia de la reducción de emisiones de CO_2 y de conservar los bosques y las selvas.
- Fortalecer sus conocimientos sobre geografía mundial.
- Aprender sobre las propiedades de los gases y las reacciones químicas.



Figuras 6, 7 y 8. Profesores en el curso piloto realizando la actividad «CO_2 en el mundo, su distribución y absorción». Fuente: INQUIRE.

Escuela sostenible (Figura 7)

RESUMEN:

Los alumnos deberán rediseñar el ajardinado de su escuela de modo que sea lo más sostenible posible en términos de emisiones de CO_2. Para ello, se ayudarán de la herramienta informática *Google Earth*. El ajardinado deberá tratar de compensar las emisiones que la escuela produce mediante el transporte del personal al centro.

OBJETIVOS:

- Tomar conciencia del papel crucial de las plantas en la absorción de CO_2.
- Reforzar el concepto de sostenibilidad ambiental.
- Reforzar la habilidad de trabajar en equipo, calcular, analizar, discutir, tomar decisiones, exponer en público, etc.



Figuras 9, 10 y 11. Profesores en el curso piloto realizando la actividad «Escuela sostenible».
Fuente: INQUIRE.

Otros recursos

- http://www.inquirebotany.org/es/
- http://www.botanicoalcala.es/
- http://www.rjb.csic.es/
- http://www.bgci.org/education/
- http://www.plantscafe.net/
- http://www.pollen-europa.net/

BIBLIOGRAFÍA

1. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). National Science Education Standards. *Washington, D.C.: National Academy Press.*
2. BARREL, J. (2007). Problem-Based Learning, an Inquiry Approach. *Corwin Press. Thousand Oaks.*
3. HARLEN, W. (2004). Evaluating Inquiry-Based Science Developments. *A Paper Commissioned by the National Research Council in Preparation for a Meeting on the Status of Evaluation of Inquiry-Based Science Education.* Washington DC: National Research Council.
4. LLEWELLYN, D. (2002). Inquire within, implementing inquiry based science standards. *Thousand Oacks, CA. Corwin Press.*
5. ROCARD, M., CSERMELY, P., JORDE, D., LENZEN, D., WALBERG-HENRIKSSON, H., HEMMO, V. (2007). *Science Education now: a renewed pedagogy for the future of Europe*.
6. BARROW, L.H. (2006). A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education* 17: 256-278.
   - ASAY, L. D. ORGILL, M.K. (2010). Analysis of Essential Features of Inquiry Found in Articles Published in The Science Teacher, 1998-2007. *Journal of Science Teacher Education*, Volume 21, Issue 1, 57-79.
   - HAMMERMAN, E. (2005). Eight Essentials of Inquiry Based Science K-8. *Corwin Press*, *Thousand Oaks*, CA.
   - NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2002). Inquiry and the National Science Education Standards. A guide for teaching and learning. *Washington, D.C.: National Academy Press.*

Volunteer Peten: experiencia de un programa educativo de Ciencias en una zona rural de Guatemala

Sergio Llorente Chico
Departamento de Educación, Zoo-Aquarium de Madrid.
Calle Tamarindo, N.º17, Rivas Vaciamadrid, C.P. 28522 Madrid
sergiollorentechico@gmail.com

Palabras clave: Zona rural, Guatemala, organización no lucrativa, educación, recursos naturales renovables.

Keywords: Rural area, Guatemala, non-lucrative organization, education, renewable natural resources.

Resumen

La organización no lucrativa Volunteer Peten fue creada en 2002 para desarrollar trabajos de gestión en un área protegida del municipio de San Andrés (Departamento de Petén, Guatemala). Sin embargo, ante los problemas que afectaban a la educación en la zona, construyó una biblioteca, una escuela y un instituto. En este último, y tras los pertinentes trámites gubernamentales para que fuese reconocido oficialmente, la organización desarrolló un Módulo de Perito en Gestión de Recursos Naturales Renovables de tres años de duración, con clases teóricas y prácticas, que comenzó a impartirse en 2009 y cuya primera promoción se graduó a finales de 2011.

Abstract

Volunteer Peten, a non-lucrative organization, was founded in 2002 to develop management works in a protected area of the town of San Andrés (Petén department, Guatemala). However, a library, a school and an institute were built due to the problems that were affecting the education of the area. In this institute, the organization developed a three-years Foundation Degree of Expert in Renewable Natural Resources Management, with its theoretical and training classes, which started in 2009 after all the governmental proceedings to be officially recognized. The first promotion finished at the end of 2011.

Modernización sin desarrollo

La República de Guatemala es, con 13 millones de habitantes (el 38% de ellos indígenas), el país centroamericano con mayor población. Limita con México al Norte y al Oeste, con Honduras al Sur, y al Este, con Belice y El Salvador. Divide los 108.890 km² de su superficie en 22 departamentos, que corresponden a nivel político-territorial con las comunidades autónomas españolas[1]. El presente del país sigue marcado

[1] Misión permanente de Guatemala ante las Naciones Unidas. Recuperado el 1 de mayo de 2012, de www.guatemalaun.org/guatemala.cfm.

por la pobreza, marginación e inseguridad, heridas aún sin cicatrizar de la guerra civil que sufrió el país entre 1960 y 1996 y que dejó más de doscientos mil muertos. De acuerdo con cifras de 2006, más de la mitad de la población *chapina* vive en la pobreza, siendo el 74,8% de la población pobre indígena, reflejando el alto coeficiente de Gini (55,1) una desigual distribución de los ingresos[2]. Además, según el informe «Carga global de la violencia armada» Guatemala se encuentra, con más de 49 muertes violentas por cada 100.000 habitantes, entre los siete países más peligrosos del mundo junto a Honduras y El Salvador, siendo este último el líder del *ranking*, manifestando la violencia existente en gran parte de la América Central ístmica[3].

El departamento guatemalteco más septentrional y de mayor superficie es el Departamento del Petén, conocido por su selva virgen; las ruinas de la civilización maya presentes en su territorio (entre otras, las ciudades de Tikal y el Mirador); su cabecera departamental, Flores; y la presencia del tercer lago más grande del país, el Lago Petén Itzá, con 99 km². La extensión del Departamento representa casi el 33% del total del territorio estatal, siendo la entidad subnacional más grande de Centroamérica. Sin embargo, en esa vasta superficie, tan solo vive el 4,4% de la población, lo que supone una baja densidad[4]. No por eso la situación social del departamento es distinta a la del resto del país. Lamentablemente son muy comunes en la prensa nacional noticias que relatan secuestros, robos a mano armada, ajusticiamientos y asesinatos. Además, en esta zona del país, fronteriza con México y con abundante selva virgen, actúan bandas relacionadas con el narcotráfico; un ejemplo de ello son los Zetas. El asesinato de 27 personas en mayo de 2011 por parte de esta banda hizo que la Secretaria General del Gobierno de la República de Guatemala declarara el estado de sitio en el departamento durante tres meses y, posteriormente, el estado de alarma hasta final de ese mismo año.

Es difícil resumir la historia del Departamento ya que han sido varios los antropólogos que han estudiado y estudian desde hace tiempo la sociedad petenera. Uno de ellos, Norman Schwartz[5], estableció cinco periodos en la historia del Petén: la época de la chiclería (1890-1954), la época de trabajo de la Empresa de Fomento y Desarrollo Económico de Petén (1959-1986/1990), la época de apogeo de la guerra interna (1978-1982/1984), la época de la posguerra (1989/1990-2002) y la época contemporánea, que abarca desde la salida de la misión de las Naciones Unidas en el año 2005 hasta la actualidad.

Aunque la mayor parte de la superficie del Departamento está considerada rural, en este podemos encontrar una gran diversidad de zonas. En algunas de ellas, como por ejemplo en la Cabecera Municipal del Municipio de Santa Elena, hay centros comerciales y todo tipo de tiendas, incluidos restaurantes como Pizza Hut o Mc Donalds. Además, en la mayor parte del territorio donde hay población, existen gran variedad de pequeños comercios de todo tipo, construidos con diversos materiales (maderas, chapas, ladrillos,…), al igual que sucede con las viviendas. Destacan los dedicados a la alimentación donde la mayoría de los productos que se venden están envasados. Si sumamos a este tipo de comercio la posesión de teléfonos móviles por la mayor parte de la población o la presencia de televisiones sin una economía que permita sostenerlos, y consideramos la ausencia de un sistema de recogidas de basuras (lo mas común es la quema de plásticos en cada casa) y de aguas fecales (suele haber un pozo negro en cada uno

---

[2] Reichmuth, M.; Flores Medina, R.; Morales Lopez, H.; Felloni, F.; Capellan, V. (2009). *Assessment od fedelepment results: Evaluation od UNPD contribution –Guatemala,* New York, A.K. Office Supplies, p. vii.

[3] AGENCIA EFE, (27 de octubre de 2011). Centroamérica es la región del mundo con más muertes violentas. *Prensa Libre*. Recuperado el 15 de mayo de 2012, de http://www.prensalibre.com/internacional/Centroamerica-region-mundo-muertes-violentas_0_580142074.html

[4] Instituto Nacional de Estadística. Gobierno de Guatemala. Recuperado el 2 de mayo de 2012, de www.ine.gob.gt.

[5] SCHWARTZ, N. (2010). *Algunas reflexiones acerca de la evolución de la sociedad petenera: cambios con y sin transformaciones*, Conferencia en el Centro Universitario de Petén, Universidad de San Carlos, Guatemala. En Revista Universitaria Trimestral Electrónica Säk B'ej del Centro Universitario Del Petén-Universidad de San Carlos de Guatemala, Año 01, No. 03, pp 4-12.

de los hogares que tiene baño), entenderemos la frase que acuñó Schwartz para definir a la sociedad petenera: «*modernización sin desarrollo*»[6].

VOLUNTEER PETEN: LUZ EN LA OSCURIDAD

El Departamento del Petén está dividido a su vez en 13 municipios. Uno de ellos es el Municipio de San Andrés, cuya Cabecera Municipal se encuentra a orillas del Lago Petén Itzá. En ella, desde el año 2002, trabajó Volunteer Peten (www.volunteerpeten.org), una organización no lucrativa tipo 501c3 con sede fiscal en Estados Unidos que fue creada por Mathew R. Peters e Inoky Cameros Ruiz, quienes la dirigieron hasta principios de 2012. Al estar oficialmente constituida en EEUU, recibía las subvenciones y donaciones en ese país y posteriormente mandaba los fondos económicos a San Andrés, donde realizaba todas sus actividades. Mathew es un estadounidense graduado en Ciencias Forestales por la Universidad de Pennsylvania, e Inoky una guatemalteca de nacimiento y arquitecta de formación, trabajadora también de la Escuela Taller de San José (otro municipio petenero) de la Oficina de Cooperación Solidaria de la Embajada de España en Guatemala. Además de estas dos personas, desde el inicio del proyecto en 2002, la asociación contó con la ayuda de más de 1.200 voluntarios que viajaron a San Andrés costeándose todos los gastos para colaborar en cada uno de los proyectos de la asociación, ya sea de manera individual o en grupo, a pesar de la violencia presente en el Departamento que afecta negativamente al turismo.

La asociación nació para desarrollar trabajos de gestión en el área protegida Parque Municipal Nueva Juventud, situado en el municipio de San Andrés. Elaboró un Plan de Manejo del área y un Plan Gestor que incluían, entre otras medidas, la gestión forestal sostenible del Parque, una zona destinada a la agricultura ecológica, un pequeño jardín botánico de plantas ornamentales, la restauración y señalización de unas pequeñas ruinas mayas que alberga en su interior, y una senda que recorre todo el Parque atravesando cada una de las zonas. Además, en 2005, construyó dentro del área el Museo de Historia Natural de San Andrés, como parte del Programa de Educación Ambiental que la asociación desarrolló en el Parque y a través del cual numerosas escuelas de la zona realizaron talleres y visitas guiadas dentro del mismo.

A pesar de que en sus orígenes la asociación se creó con esta predominante vocación de gestión de los recursos naturales de la zona, la situación social departamental en general, y de la Municipalidad de San Andrés en particular, hizo a Volunteer Peten desarrollar proyectos culturales y educativos para suplir las carencias presentes en el municipio relacionadas con estos dos aspectos. Por ello, construyó entre 2006 y 2007 la Biblioteca Municipal Nueva Juventud, en la cual invirtió 20.000 dólares: 3.000 procedentes de una donación, y el resto, de un préstamo bancario que pidió la organización. Desde el día de su inauguración, la biblioteca se convirtió en un centro público cultural y de ocio para niños, jóvenes y todo aquel vecino que quería acercarse a ella, ya que, aparte del fondo bibliográfico y la posibilidad de lectura de prensa diaria de tirada nacional, se desarrollaban numerosas actividades, todas ellas gratuitas. Entre otras, los voluntarios, procedentes en su mayoría de EEUU y Canadá, impartían clases de inglés y francés a todo aquel interesado. Además, se organizaban actividades de ocio, tiempo libre y educación ambiental todas las tardes para los niños del municipio y, por la noche, se transformaba en una sala de juegos (cartas, ajedrez,…) y de tutorías para las personas que las necesitaban. Los sábados, la planta de arriba de la biblioteca se transformaba en una sala de cine.

El compromiso social por el desarrollo cultural y la educación se mantuvo en la asociación de manera que, entre febrero y mayo de 2008 llevó a cabo la construcción del primer instituto en el municipio, el Liceo Santa Cruz. La construcción de este edificio formó parte de un proyecto especial en el que colaboró otra asociación estadounidense, Builders Beyond Borders (www.buildersbeyondborders.org).

[6] Schwartz, N. (1990). *Forest Society: A social history of Petén, Guatemala*, Filadelfia, University of Pennsylvania Press, p. 152.

Mediante esta colaboración, Builders Beyond Borders mandó dos grupos de 40 voluntarios de Connecticut (EEUU), que permanecieron una semana en San Andrés, y sufragó con 20.000 dólares gran parte de los materiales necesarios para la construcción. Los otros 5.000 dólares necesarios para dicha construcción y la organización de la obra corrieron a cargo de Volunteer Peten. Con los materiales que sobraron de esta obra y la inversión de otros 5.000 dólares, Volunteer Peten, construyó una escuela infantil en San Andrés durante los meses de junio, julio y agosto de ese mismo 2008.

Entre otros proyectos desarrollados por la asociación cabe destacar el de desarrollo económico sostenible a través del cual, y mediante el alojamiento y manutención por parte de familias locales de los voluntarios, las familias hospedadoras recibieron una cuota económica.

MÓDULO PERITO EN GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES: UNA NUEVA FORMA DE EDUCAR EN SAN ANDRÉS

Promulgada en 1985, la Constitución Política de Guatemala es, junto a la Ley de Educación Nacional, el principal texto legal relativo a la educación en el país. Establece, entre otros principios, el derecho a la educación y su obligatoriedad hasta los 16 años, así como la obligación del estado de proporcionar el servicio educativo sin discriminación y la gratuidad de la educación pública, siendo el fin primordial de esta «el desarrollo integral de la persona humana, el conocimiento de la realidad y cultura nacional y universal»[7]. A pesar de este compromiso legislativo, la educación en Guatemala no se encuentra en la mejor situación posible. Porta *et al.*[8] clasificaron en 2006 los múltiples y variados problemas de este sector en el país bajo cinco categorías: inversión, equidad, eficiencia, cobertura y calidad. Señalaron que, a pesar de que el sector educativo había mejorado mucho en los últimos años, la *inversión* que realizaba el Estado en educación aún estaba por debajo de las necesidades, siendo necesario duplicar el nivel de inversión que se realizaba con respecto al PIB. Además, para llegar a la *equidad* educativa, indicaron la necesidad de un mejor reparto de los recursos que evitase la desigualdad educativa (acceso, permanencia, calidad) que hacía perdurar el patrón de desigualdad social que caracteriza al país (población indígena vs. ladina; rural vs. urbana; femenina vs. masculina) y, aunque observaron una significativa reducción en la deserción y la repetición escolar, creían que se deberían focalizar esfuerzos en las escuelas del área rural para mejorar la *eficiencia*. A pesar de considerar que la educación primaria en el país se acercaba a conseguir la *cobertura* universal, clasificaron como baja la de la educación Preprimaria, Básica y Diversificada (ver Tabla 1), e identificaron los problemas económicos familiares y el trabajo infantil como causas que hacían que más de dos millones de niños y niñas se encontrasen fuera de las aulas. En cuanto a la *calidad*, apreciaron la necesidad de mejorar el proceso de formación y actualización de los docentes y las condiciones de las escuelas para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje. En el Departamento del Petén, si bien la educación mejoró ligeramente entre 1999 y 2009, un tercio de la población petenera no había asistido nunca a la escuela, porcentaje agudizado en la población indígena. No obstante, las tasas de educación para este colectivo aumentaron en ese periodo de tiempo, pasando de un 31 % a un 43,5 % en lo que a educación primaria se refiere. En la población ladina también se observó un incremento en este nivel educativo pero en un porcentaje menor, pasando del 45,2 % al 51,6 %. En lo que respecta a la educación secundaria y superior, los ladinos peteneros presentan tasas de matriculación más altas en ambos casos (25 % y 5,6 % para la población ladina y 10,6 % y 2,1 % para la indígena respectivamente)[9].

---

[7] UBI UNESCO. *Datos mundiales de educación, VII. Edición 2010/2011 Guatemala*. Recuperado el 1 de mayo de 2012, de http://www.ibe.unesco.org/fileadmin/user_upload/Publications/WDE/2010/pdf-versions/Guatemala.pdf

[8] Porta, E.; Somerville, S.; Álvarez, H. (2006). *Guatemala, Estado del Sistema Educativo 2006*, Ciudad de Guatemala, Ministerio de Educación, pp. 3-4.

[9] YBARRA, M.; OBANDO, O.; GRANDIA, L.; SCHWARTZ, N. *Tierra, migración y vida en Petén, 1999-2009*, Ciudad de Guatemala, Magna Terra Editores, p. 37.

Desde el año 2000 Volunteer Peten impartió clases de inglés en alguna escuela de primaria de San Andrés, pero no fue hasta 2008 cuando lo hizo por primera vez en el Ciclo Diversificado. Fue tan mala y desagradable la experiencia (la asociación se dio cuenta de que nadie tomaba en serio la educación, que no había clases ni libros,…)[10] que, tras la construcción del instituto, decidió actuar de forma más directa y, recuperando el objetivo inicial de la asociación (la gestión de los recursos naturales) e intentando ofrecer una educación que superase los problemas identificados por Porta *et al.*, desarrolló un programa educativo. Tras realizar los trámites gubernamentales pertinentes en la Municipalidad de San Andrés para que fuese reconocido oficialmente, la organización comenzó a impartir en 2009 el Módulo de Perito en Gestión de Recursos Naturales Renovables que corresponde en el Sistema Educativo de Guatemala al Ciclo Diversificado de la Educación Media (ver *Tabla 1*). Este Módulo equivaldría en España a un Módulo de Grado de Medio, que capacita a los alumnos a ejercer un trabajo cualificado y sirve, a su vez, como medio para acceder a la universidad.

EDUCACIÓN	EDAD (años)	CICLO	CURSOS
Inicial	0-3	–	–
Preprimaria	4-6	–	1.º a 3.º
Primaria	7-9	Educación Fundamental	1.º a 3.º
	10-12	Educación Complementaria	4.º a 6.º
Media	13-15	Básico	1.º a 3.º
	16-18	Diversificado	1.º a 3.º
Superior	19-21	Intermedio	1.º a 3.º
	21-24	Licenciatura	4.º a 5.º
	Más de 24	Postgrado	1.º y 2.º

Tabla 1. Sistema educativo en Guatemala.

Con este programa educativo, Volunteer Peten no solo pretendía dar una formación teórica y práctica acerca del aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, sino también suplir el déficit de conocimientos básicos y métodos de estudio que los alumnos de ese nivel padecen desde el colegio debido a la insuficiente formación de los docentes y su falta de compromiso. Por eso, los objetivos del módulo iban más allá de los conceptuales (conocer los recursos naturales y su aprovechamiento sostenible, ampliar conocimientos científicos y afianzarlos,…). Pretendían ser una vía para interiorizar aptitudes procedimentales (adquirir métodos para la elaboración de trabajos; obtener y seleccionar información, tratarla de forma autónoma y crítica, con una finalidad previamente establecida y transmitirla de manera organizada…) y actitudes como el respeto, la superación personal, la responsabilidad y el desarrollo de una actitud crítica.

AÑO / CURSO	2009	2010	2011	2012
1.º	28	4	3	–
2.º	–	18	5	–
3.º	–	–	8	5

Tabla 2. Número de alumnos por curso y año académico.

[10] Mathew R. Peters (comunicación personal, 15 de enero de 2012).

¿Qué novedades presentó la asociación en su programa educativo respecto al sistema educativo guatemalteco? ¿Qué propuso para superar los problemas identificados por Porta *et al.*? En lo que se refiere a la *inversión*, la asociación, gracias a las ayudas económicas privadas y de particulares recibidas ex profeso para el proyecto, consiguió sufragar todos los gastos necesarios relacionados con los libros de texto, fotocopias y material escolar para el correcto funcionamiento y desarrollo de las clases. Además, ofreció un programa de becas para el pago de las mensualidades a través del cual se pretendía incentivar la matriculación de nuevos alumnos en el módulo, así como el estudio una vez matriculado en el programa. Las becas cubrían los gastos asociados a la matrícula del primer semestre del primer curso y del resto de los semestres si el anterior lo habían aprobado. Por supuesto, estas becas fueron ofrecidas a todo aquel interesado en realizar sus estudios con la asociación, sin hacer distinciones en edad, sexo u otra cuestión social. De esta manera, aunque solucionaba los problemas relacionados con la *cobertura* y *equidad*, no resolvía los de la *eficiencia* ya que la tasa de deserción continuó siendo alta debido a las exigencias educativas impuestas por la asociación que provocaron el abandono del proyecto de muchos alumnos (ver *Tabla 2*).

La apuesta más arriesgada fue la búsqueda de profesores fuera de Guatemala para impartir las clases. El motivo de esta decisión fue la mala y escasa formación de los docentes guatemaltecos en general, y de los peteneros en particular. Esto es debido a los problemas ya comentados y a que, para ser maestro de preprimaria y primaria, tan solo hay que estudiar un ciclo diversificado del nivel medio, como el que imparte la asociación, específico de magisterio. Por su parte, la formación de profesores para la enseñanza media es de nivel superior intermedio y se realiza en las universidades como carrera con especialidad con una duración de tres años. El problema radica en que muchos de estos profesores que trabajan en institutos del Petén no terminan estos estudios o ni tan si quiera los empieza. A esta formación escasa y de mala calidad, hay que sumarle la falta de compromiso y trabajo por parte de los profesores, siendo muy común el absentismo laboral o la presencia de los alumnos en el patio en horario lectivo sin objetivos docentes. Por estos motivos, la asociación decidió buscar licenciados no guatemaltecos en carreras medioambientales para que trabajasen con ella como profesores. Volunteer Peten costeó el viaje hasta San Andrés, el alojamiento y manutención (viviendo con una de las familias del proyecto de desarrollo económico antes mencionado), y pagaba el salario de un profesor de la zona, es decir, 2.500 Quetzales, unos 250 euros al mes. Así llegaron cuatro personas (tres españolas y una argentina) a trabajar a la escuela con otra mentalidad y muchas ganas de sacrificio, trabajo y esfuerzo para mejorar la *calidad* de la educación.

El módulo, como el resto de sus homólogos, se estructuró en tres cursos divididos a su vez en dos semestres, impartiéndose seis horas diarias de clases de dos tipos de asignaturas: las relacionadas con la temática del módulo, y las de conocimiento general (ver *Tabla 3*). Sin embargo, a diferencia de los demás módulos del municipio, las clases se impartían por las mañanas de lunes a jueves en el instituto y, las mañanas de los viernes, se dedicaban a seminarios, presentaciones orales, vídeo-fórum o trabajos de investigación en la biblioteca municipal.

CURSO	PRIMER SEMESTRE	SEGUNDO SEMESTRE
1.º	Comunicaciones, Matemáticas, Historia, Métodos de estudio, Biología, Química, Cultivos	Comunicaciones, Matemáticas, Historia, Informática, Biología, Química, Cultivos
2.º	Economía, Sociología, Geografía, Estadística, Ecología, Cultivos, Agua y Suelos, Fauna y Flora, Escrito Técnico	Economía, Sociología, Mediciones, Topografía, Ecología, Cultivos, Flora y Fauna, Inventario Forestal, Escrito Técnico
3.º	Planes de manejo, Agroforestería, Plagas y enfermedades, Horticultura, Fertilizantes, Administración de empresas	Leyes enfocadas a la conservación, Biología y Conservación de especies

Tabla 3. Relación de asignaturas por curso y semestre.

Para no quedarse solo en una formación teórica, los alumnos realizaban prácticas en el Parque Municipal Nueva Juventud. Los alumnos del primer curso realizaban actividades esporádicas como reforestaciones, mantenimiento de caminos o identificación de fauna y flora. Por su parte, los de segundo, acudían una tarde a la semana y, por grupos, se hacían cargo de una parcela de agricultura ecológica la cual tenían que diseñar, trabajar y mantener. Además, llevaban a cabo un proyecto de engorde y venta de pollos y otro de ramón blanco. Este último consistía en sembrar 2.000 plantones de ramón blanco (*Brosimum alicastrum*) en el Parque, etiquetarlos, topografiar el terreno y hacer un seguimiento a nivel individual para realizar un estudio de crecimiento. Este proyecto formaba parte a su vez de otro a largo plazo, que pretendía dar trabajo a las mujeres de la zona fabricando productos a partir del fruto de este árbol.

Los alumnos del último curso, sin embargo, solo tenían clases teóricas dos días a la semana y el resto de días los invertían en el parque. Las prácticas del primer semestre para estos alumnos se dividían en cuatro tareas: animales, vivero, agricultura ecológica y administración del parque. Cada grupo en los que se dividían se encargaba de una de las tareas cada semana y se iban rotando, repartiéndose el trabajo de manera individual, pero apoyándose como grupo. En el turno de animales se encargaban del cuidado, mantenimiento, manejo y cría de cabras, gallinas, conejos y cobayas, que formaban una pequeña granja en una zona del parque para su posterior venta. Las funciones del turno de vivero eran las de mantener un buen número y diversidad de plantas en venta, un pequeño sector de vermicultura y diversas aboneras con heces animales para conseguir abono de calidad. En el turno de agricultura las actividades a desarrollar eran similares al de las prácticas desarrolladas por los alumnos de segundo. En lo que a la administración se refiere, los alumnos llevaban el registro de las visitas al área, incluyendo la llegada de sus compañeros al trabajo y de las ventas de los animales además de, como gerentes del parque, realizar rondas diarias para comprobar el perfecto estado del mismo, la limpieza de la entrada, las visitas guiadas, la coordinación de los voluntarios, etc. En el segundo semestre, esas cuatro tareas fueron reemplazadas por otras, permitiéndoles trabajar libremente para reforzar su autonomía y capacidad organizativa. Las tareas estaban básicamente centradas en dar capacitaciones a maestros, realizar visitas guiadas a colegios y en la venta de productos. Además, hicieron un estudio completo de la biodiversidad de la laguna de Ixhaucut (una de las aldeas del Municipio de San Andrés), enfocándolo para su conservación y aprovechamiento sostenible por parte de la población que fue presentado en la Municipalidad como proyecto de fin de curso, necesario para todos los alumnos de último curso de cualquier módulo.

Como complemento a estas clases, los alumnos tenían la posibilidad de recibir clases extraescolares de inglés, música o pintura por la tarde en la biblioteca y, por supuesto, todas las horas de tutorías que necesitaran. Además se realizaron numerosas salidas, todas ellas subvencionadas totalmente por la asociación. Algunas tenían un marcado carácter cultural, como la realizada al Museo Arqueológico Regional del Petén, y otras fueron de carácter técnico, como la visita al Vivero Pilones de Antigua o la realizada con los trabajadores de AFISAP (Asociación Forestal de San Andrés Petén) en la época de tala de árboles para aprovechamiento forestal. Por último, otras unieron ese carácter cultural y técnico con el ocio como la realizada a la estación biológica de las Guacamayas, en el Biotopo Laguna del Tigre, o el viaje atravesando durante tres días la selva virgen petenera para llegar a las ruinas de la ciudad maya de El Mirador.

DIEZ AÑOS DE DURO TRABAJO, UN PRESENTE CONFUSO Y UN FUTURO INCIERTO

El espíritu, esfuerzo y trabajo de los miembros de la asociación, sumado al de los cientos de voluntarios que con ella han colaborado, lograron sobreponerse a las dificultades sociales y gubernamentales durante 10 años. En este periodo de tiempo, no solo consiguió mantener en buen estado de conservación el Parque Municipal Nueva Juventud aprovechando sus recursos naturales de una manera sostenible, sino que fueron cientos los niños que caminaron por él aprendiendo y comprendiendo el porqué es importante conservar la naturaleza y cómo pueden aprovecharse de ella sin dañarla. Otros tantos niños y adolescentes crecieron al abrigo de la biblioteca que les acercó la cultura, los idiomas, la música…; les ayudó

a superar sus estudios y les ofreció un ocio sano y saludable, ausente en el Municipio de San Andrés antes de la construcción de la misma. Además, este desarrollo cultural fue ligado al económico de una manera sostenible, ya que hasta diecisiete familias colaboraron con la asociación albergando a voluntarios, recibiendo una cuota económica lo que les sirvió de ayuda para su mantenimiento, la ampliación de sus casas o comercios, etc.

Entre todos estos logros, hay uno que enorgullece a Volunteer Peten, y es el haber desarrollado un programa educativo basado en una educación de calidad, eficiente, equitativa y universal. El éxito de este programa fue gracias a los alumnos que, con su perseverancia, trabajo y compromiso, aceptaron una educación diferente y, por qué no decirlo, más intensa que la que habían recibido hasta ese momento; a los profesores (Elena, Miriam, Amparo y Sergio), que llegaron desde muy lejos para ayudar en todo lo que pudieron y, por supuesto, a la persistencia y dedicación de Mateo e Inoky, que cambiaron la historia de San Andrés. Esa lucha, compromiso y responsabilidad de todas estas personas quedó reflejada en diciembre de 2011 con la graduación de los ocho primeros alumnos que acabaron el módulo.

Desafortunadamente, y a pesar de todo el trabajo realizado, los problemas sociales que asolan Guatemala en general, y al Departamento del Peten en particular, además de la presión ejercida por el nuevo gobierno en la Municipalidad de San Andrés sobre Volunteer Peten, hicieron que la asociación tuviera que abandonar sus trabajos en el municipio. Aun así, la lucha sigue para ofrecer una educación alternativa de calidad a quien esté interesado y quiera cambiar su futuro y, en consecuencia, el de Guatemala. Por ello, la asociación ha dejado todo dispuesto para que los cinco alumnos matriculados este 2012 en el sexto curso puedan acabar el módulo. Para ello, se ha dejado todo el material escolar y didáctico necesario preparado y a dos profesores contratados para que impartan clase una vez a la semana. Además, los alumnos realizan prácticas cuatro días a la semana en AFISAP (Asociación Forestal de San Andrés Petén) para completar la formación del módulo.

Si la situación no cambia, el futuro de Guatemala seguirá siendo igual de incierto que su presente. Lo difícil es hacer ver a los guatemaltecos la necesidad de un cambio de actitud para mejorar su calidad de vida el día de mañana. Esperemos que la semilla de Volunteer Peten germine en aquellos niños que crecieron junto a la biblioteca y pasearon por el Parque Nueva Juventud y sean ellos los que se levanten y digan que ha llegado el momento de cambiar Guatemala.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo no hubiera sido posible si Volunteer Peten no me hubiera dado la oportunidad de colaborar en su programa educativo como profesor y, por supuesto, sin la amistad y el apoyo de Mateo e Inoky. Tampoco sin mi «familia chapina», en especial Doña Marina y la sonrisa de los pequeños Breisy, Hamilton y Estuardo. Además, fueron muchas las miradas con las que me crucé camino del instituto en aquellas calles de barro y cada noche en la biblioteca. A todas ellas, gracias por hacerme ver la vida con otros ojos. Y gracias también a la familia Cameros Ruiz, por hacer también de su casa mi casa. Y, por supuesto, gracias a todos los que hicieron de este texto, un texto mejor: Alfredo, María del Carmen, Rosa, Verónica, Luis, Mateo, Helena, Elena, Dariosh, Daniel, Fran, Ana y Estefanía.

«Aprendiendo a realizar e interpretar tablas y gráficas». Cinemática fuera del aula y del laboratorio

María Araceli Calvo Pascual

Universidad Autónoma de Madrid.
Facultad de Formación de Profesorado y Educación
Departamento de Didácticas Específicas
C/ Francisco Tomás y Valiente, 3
Ciudad Universitaria de Cantoblanco 28049 Madrid
macp@quimicosmadrid.org

Palabras clave: Tablas, gráficas, cinemática, actividades experimentales, física.

Keywords: Tables, graphs, kinematics, experimental activities, physics.

Resumen

En este trabajo se muestran actividades que favorezcan el aprendizaje significativo de la utilidad de las tablas y las gráficas, aplicándose concretamente en el estudio inicial de la cinemática.

Se describe en primer lugar una actividad diseñada por alumnos de 2.º de ESO y realizada fuera del aula y del laboratorio, en lugares del centro educativo que permiten poder estudiar distintos movimientos.

Posteriormente se plantea ampliar el estudio de los movimientos fuera del centro educativo, en concreto se proponen, ilustrándolo con fotografías, distintas zonas de los parques que cada alumno puede encontrar en su barrio. Esta actividad se ha puesto en práctica con alumnos del Grado en Educación Primaria, con resultados positivos.

Abstract

This paper shows activities to promote meaningful learning of the benefit of tables and graphs, specifically applied to the initial study of kinematics.

Firstly, an activity created by students in 2nd year of Secondary school (ESO) is described. It is performed outside classrooms and laboratories, in places of the school where various movements can be studied.

Subsequently, a further study of the movement outside the centre is suggested. To be precise, photographs of various local park areas are showed as an example. This activity has been implemented successfully with students following the Degree for Primary Education Teachers.

INTRODUCCIÓN

Numerosos estudios demuestran la dificultad que tienen los alumnos en la comprensión de las representaciones gráficas, a pesar de su importancia como forma de comunicación científica y de su uso generalizado en el aula[1].

Es frecuente que estudiantes que pueden resolver problemas con gráficas en la materia de Matemáticas no sean capaces de extrapolar ese conocimiento al campo de la Ciencias[2].

Dentro del estudio de la cinemática, se ha puesto de manifiesto que estudiantes de distintos niveles, desde secundaria hasta universidad, después de haber estudiado el movimiento, no saben interpretar correctamente las gráficas cartesianas que representan movimiento físico[3].

Esto puede confirmar que no ha habido un aprendizaje significativo en relación a cómo se representan las gráficas a partir de datos experimentales, qué información reflejan y por tanto cuál es su utilidad.

Por ello, se considera que en los niveles iniciales del estudio de la cinemática debe llevarse a cabo una enseñanza que fomente este aprendizaje.

Estos aspectos aparecen contemplados en la legislación vigente:

De acuerdo al Real Decreto por el que se establecen las Enseñanzas Mínimas correspondientes a ESO.[4]

> La competencia matemática está íntimamente asociada a los aprendizajes de las ciencias de la naturaleza. La utilización del lenguaje matemático para cuantificar los fenómenos naturales, para analizar causas y consecuencias y para expresar datos e ideas sobre la naturaleza proporciona contextos numerosos y variados para poner en juego los contenidos asociados a esta competencia y, con ello, da sentido a esos aprendizajes. Pero se contribuye desde las ciencias de la naturaleza a la competencia matemática en la medida en que se insista en la utilización adecuada de las herramientas matemáticas y en su utilidad, en la oportunidad de su uso y en la elección precisa de los procedimientos y formas de expresión acordes con el contexto, con la precisión requerida y con la finalidad que se persiga.

Por otra parte, en el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria de la Comunidad de Madrid[5] aparece como primer objetivo del área de Ciencias de la Naturaleza el desarrollo de la capacidad de:

Comprender y expresar mensajes con contenido científico utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, así como comunicar a otros argumentaciones y explicaciones en el ámbito de la ciencia. Interpretar y construir, a partir de datos experimentales, mapas, diagramas, gráficas, tablas y otros modelos de representación, así como formular conclusiones.

---

[1] GARCÍA, J. J.; PERALES, F. J. (2007). ¿Comprenden los estudiantes las gráficas cartesianas usadas en los textos de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 25 (1), 107- 132.

[2] LEINHARDT, G. ; ZASLAVSKY, O. ;STEIN, M. K. (1990). Functions, Graphs, and Graphing: Tasks, Learning, and Teaching. *Review of Educational Research*, 60 (1), 1- 64.

[3] DOLORES, C.; ALARCÓN, G. y ALBARRÁN, D. F. (2002). Concepciones alternativas sobre las gráficas cartesianas del movimiento: el caso de la velocidad y la trayectoria. *Relime*, 5 (3), 225-250.

[4] *Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre*, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. *BOE 5, 5 de enero de 2007*.

[5] Decreto 23/2007, de 10 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de Educación Secundaria Obligatoria. BOCM 126, 29 de mayo de 2007.

Dentro de la materia de *Ciencias de la Naturaleza* de 2.º ESO, en el bloque *2. Materia y Energía* correspondiente a los contenidos indicados en el currículo se especifica el estudio de:

– Los cambios de posición en los sistemas materiales.

– Movimiento rectilíneo uniforme y uniformemente variado.

Concepto de aceleración.

– Representación gráfica de movimientos sencillos.

– Las fuerzas como causa del movimiento, los equilibrios y las deformaciones (ecuación y unidades en el SI).

– Masa y peso de los cuerpos. Atracción gravitatoria.

En las actividades descritas en este trabajo se parte de la idea de considerar que, desde los niveles iniciales del estudio de la cinemática, como mejor puede entenderse la utilidad de las gráficas, y de las tablas asociadas necesariamente a ellas, es mediante el diseño por parte de los alumnos de experiencias que les permitan crear tablas y gráficas, dentro del contexto de situaciones que forman parte de su vida cotidiana.

Se considera que de esta forma se fomenta la consecución de un aprendizaje significativo de estos contenidos.

Objetivos

- *General*:
  - Conseguir que los alumnos aprendan de modo significativo la utilidad de realizar e interpretar tablas y gráficas en el ámbito de las ciencias de la naturaleza.
- *Específicos:*
  - Favorecer un aprendizaje significativo en el estudio inicial de la cinemática.
  - Saber crear tablas y gráficas, tanto manualmente como mediante programas informáticos.
  - Motivar al alumnado con actividades que permitan aprender contenidos físicos rompiendo con la rutina diaria.
  - Permitir que el alumnado se sienta protagonista de la actividad experimental.
  - Comprender la necesidad del uso adecuado de las distintas magnitudes y de la indicación de sus correspondientes unidades.
  - Comprobar la importancia de realizar actividades experimentales de modo que se obtenga la mayor precisión y exactitud en la medida que las condiciones de trabajo permitan, lo que implica conocer la existencia de distintas fuentes de error y comprender la importancia de tomar el mayor número de datos posible y repetir varias veces el proceso experimental.

Metodología empleada

a) Primera actividad

La primera actividad se ha realizado con alumnos de 2.º de ESO dentro de la materia de Ciencias de la Naturaleza durante varios cursos académicos, con resultados positivos, permitiendo la consecución de los objetivos planteados.

a.1) *Planteamiento de la actividad*

Anteriormente al estudio de la cinemática, los alumnos han realizado gráficas a partir de tablas exclusivamente en el ámbito de las matemáticas.

Por otra parte, los ejercicios de cinemática que aparecen en los libros de texto muestran datos teóricos con los que poder hacer gráficas. Estos ejercicios pueden ser útiles desde un punto de vista pedagógico para relacionar las gráficas de distintos tipos de movimientos entre sí, pero no permiten que el alumno, sobre todo en un estudio inicial de la cinemática, aprenda la existencia de la incertidumbre en la medida.

Es importante que comprenda que si esas tablas y gráficas se realizan a partir de datos tomados experimentalmente, en función de las condiciones en las que se realice el experimento, la medida experimental tomada lleva consigo mayor o menor error debido a distintos factores.

Teniendo en cuenta estos aspectos, la actividad surge de la idea de querer realizar con los alumnos una actividad experimental en la que aprendan la utilidad de realizar tablas para ir anotando los resultados experimentales de un modo ordenado y poder analizarlos, y la utilidad de elaborar gráficas para poder interpretar los resultados experimentales fácilmente, y poder comunicar la información a los demás.

Este objetivo puede conseguirse con una práctica de cinemática, pero se pretende realizarla en un entorno distinto al laboratorio y sin los montajes mecánicos tradicionales, de modo que el alumno se sienta implicado en el diseño de la actividad, para motivarlo y fomentar el aprendizaje significativo de los contenidos trabajados.

a.2) *Metodología*

Tras haber estudiado en el aula los distintos tipos de movimiento y sus características, se pide a los alumnos que, por grupos, diseñen una práctica en la que, con el móvil que ellos elijan, estudien un movimiento, de modo que elaboren una tabla en la que recojan el mayor número de datos posibles, realizando la experiencia varias veces para conseguir minimizar la imprecisión de la medida.

Se indica que la actividad se realizará en dos sesiones de trabajo en el aula:

– La primera sesión (a la semana siguiente de la presentación de la actividad) tendrá lugar en el vestíbulo del salón de actos del centro, una superficie de grandes dimensiones donde pueden trabajar con planos horizontales, rampas con distintas pendientes y escaleras. En esta sesión realizarán el estudio experimental y elaborarán y analizarán las tablas.
– La segunda sesión, en el aula, en la que por grupos elaborarán las gráficas e interpretarán los resultados, tomando nota de modo individual de los resultados del análisis.

Posteriormente, cada uno de los miembros del grupo debe realizar un informe de laboratorio, que entregará al profesor, en el que indique: objetivos, material empleado, desarrollo de la actividad (con las tablas de los datos experimentales obtenidos y las gráficas correspondientes, que deben representar tanto manualmente como utilizando Excel) y conclusiones (se hace ver a los alumnos la importancia de este último apartado), en las que indiquen los errores cometidos en la medida y cómo podrían haberse reducido.

a.3) *Desarrollo de la actividad*

Durante la semana que se deja hasta la realización de la parte experimental, en la que cada grupo debe elegir los móviles que considere adecuados, es frecuente que los alumnos, motivados con la práctica, consulten al profesor sobre la adecuación o no de distintos móviles.

El criterio seguido ha sido orientarlos para que, en caso de haber pensado en un objeto con el que es previsible que, en las condiciones experimentales, no vayan a poder tomar datos fiables (por ejemplo dejar caer una pluma para estudiar la caída libre), razonen la viabilidad o no de poder utilizarlo.

Los objetos son variados; los elegidos más frecuentemente son pelotas, coches de juguete y objetos cilíndricos (*figura 1*). Otras elecciones son minoritarias pero destacables, por ejemplos «muñecos-paracaidistas» o «juguetes de cuerda».

En la primera sesión, el profesor distribuye a los grupos por las distintas zonas, en función del móvil seleccionado, y pide que comiencen el estudio experimental.

Durante el desarrollo del estudio, el profesor va orientando a cada grupo, de modo que todos los miembros del grupo razonen la idoneidad del método de trabajo empleado, y cómo conseguir una mayor precisión y exactitud en la medida dentro de las condiciones en las que se está llevando a cabo el experimento. Se llama la atención, ante la observación hecha por el profesor, del proceso seguido por los alumnos, de la necesidad de especificar las unidades de cada magnitud, ir analizando los resultados obtenidos y repetir varias veces la toma de datos.

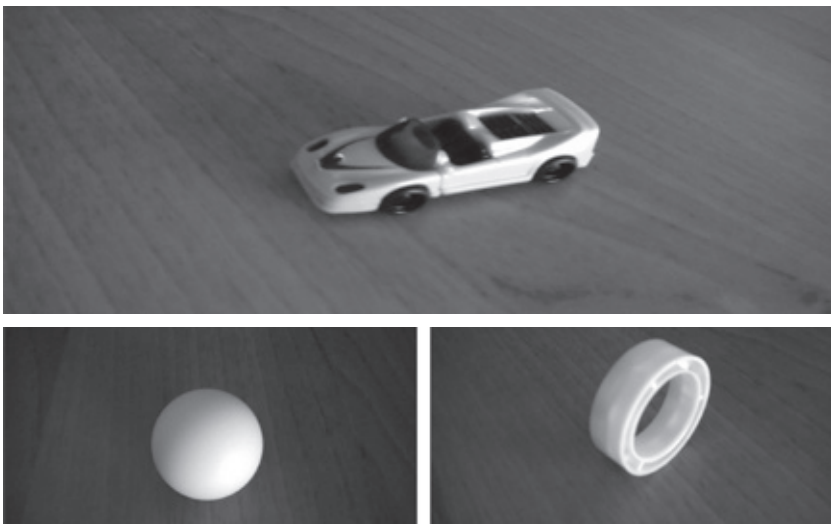


Figura 1. Móviles elegidos frecuentemente por los alumnos.

En la segunda sesión, se pide a cada grupo que, con los datos obtenidos, despreciando los que considere que no son adecuados respecto al resto, elabore e interprete la gráfica de espacio frente a tiempo y extraiga toda la información que pueda de la representación.

Cada miembro del grupo debe escribir el resultado del análisis, que servirá para la elaboración posterior del informe de laboratorio.

Se recalca la importancia del apartado de conclusiones, el análisis de los errores cometidos y cómo podrían haberse reducido.

En función del trabajo realizado por cada grupo, en los casos que se han considerado idóneos, se les ha pedido que realicen los cálculos necesarios para elaborar gráficas de velocidad frente a tiempo y aceleración frente a tiempo, interpretando los resultados obtenidos, así como cálculos de energía cinética y potencial del móvil en distintos puntos de la trayectoria seguida.

b) Segunda actividad

Esta segunda actividad se propone como ampliación del estudio experimental de los movimientos, de modo que los alumnos, después de haber realizado la primera actividad descrita y el informe de laboratorio correspondiente, tengan en cuenta las conclusiones del mismo para intentar obtener los resultados más exactos posibles, dentro de las condiciones en las que se lleva a cabo la actividad.

La actividad se ha realizado con alumnos de 2.º curso del Grado en Educación Primaria, dentro de la asignatura Las Ciencias Experimentales en la Educación Primaria, con resultados positivos.

b.1) *Planteamiento de la actividad*

La idea de esta actividad surge tras haber utilizado en la materia de Ciencias de la Naturaleza de 2.º de ESO, ejercicios relativos a atracciones del Parque de Atracciones de Madrid [6,7] viendo el interés que despiertan en los alumnos y, como consecuencia, haber realizado en 3.º de ESO una actividad de aprendizaje de la Física en el Parque de Atracciones[8].

Esta actividad resulta muy motivadora para los alumnos pero, bajo la consideración de que es más idónea en segundo ciclo de ESO, se ha pensado que para estudiar experimentalmente el movimiento en niveles iniciales fuera del centro educativo puede ser interesante utilizar zonas de los parques públicos, que puede haber cerca del centro educativo o del lugar donde viva cada alumno. Puede trabajarse en zonas dedicadas a personas mayores o zonas deportivas, pero se ha elegido la zona dedicada a juegos infantiles por ser la más conocida por los alumnos y la más cercana a su vida diaria.

Como se ha comentado, la actividad se ha realizado con alumnos de 2.º curso del Grado en Educación Primaria.

b.2) *Metodología*

El profesor muestra inicialmente una presentación en la que figuran fotografías de posibles lugares a estudiar, indicándole a los alumnos que, por grupos, deben estudiar el movimiento en un parque, dejando al grupo la elección del lugar concreto en el que quieran estudiarlo, que puede ser un ejemplo de los citados u otro distinto.

Deben medir espacio frente a tiempo, creando tablas y realizando las representaciones gráficas que consideren necesarias. Los resultados de la actividad, así como el análisis, interpretación y conclusiones de los mismos deberán presentarlos del modo que consideren oportuno en una exposición de 5 minutos.

b.3) *Desarrollo de la actividad*

Los lugares más frecuentemente elegidos por los alumnos son toboganes (*figura 2*) y tirolinas (*figura 3*). Han estudiado también el movimiento en lugares no citados por el profesor en la presentación de la actividad. Cabe destacar, dada la época en la que se realizó la actividad, el estudio del movimiento en una estación de esquí, en concreto en un remonte.

El modo mayoritariamente elegido para exponer el trabajo ha sido el programa PowerPoint, en algunos casos se ha expuesto en formato vídeo y minoritariamente en forma de póster.

Es de destacar que en un número significativo de casos se ha recurrido a la realización de las gráficas de modo manual en lugar de utilizar un programa informático, y en ocasiones hay grupos que han encontrado contradictorios los resultados experimentales con la gráfica obtenida por haberla realizado incorrectamente.

---

[6] Martínez Pons, J. A. y de Prada Pérez de Azpeitia, F. I. (2001). *Aprende Física en el Parque de Atracciones*. Colección Materiales Curriculares adaptados a la Comunidad de Madrid n.º 15. Madrid: Consejería de Educación. Dirección General de Ordenación Académica.

[7] Martínez Pons, J. A. y de Prada Pérez de Azpeitia, F. I. (2002). El parque de atracciones como laboratorio de física. *Apuntes de Ciencias. CDL*, diciembre 2002, 26-28.

[8] *El Cuaderno de Física. Ejercicios prácticos para divertirse aprendiendo*. Parque de Atracciones de Madrid. Parques Reunidos www.parquedeatracciones.es



Figura 2. Tobogán, elección frecuente para estudiar el movimiento.



Figura 3. Tirolina, elección frecuente para estudiar el movimiento.

Resultados

Que los propios alumnos diseñen la experiencia con la orientación del profesor permite la detección de ideas previas. Es frecuente que consideren que:

No existe incertidumbre en la medida, por ello:

– Pueden conseguirse gráficas exactas tomando un mínimo número de datos, puesto que todos los datos tomados son exactos.
– No es necesario repetir la toma de datos, con lo que al tomarlos por segunda vez les cuesta entender que puedan obtenerse valores distintos.
– Si se repite la toma de datos, se hacen tablas y gráficas distintas para cada una, sin calcular ningún tipo de promedio (aunque conozcan qué es una media aritmética).

No es necesario mantener las mismas condiciones de trabajo al repetir el experimento: el punto inicial a partir del que se realiza la medida puede ser distinto, la fuerza que origina el movimiento puede ser dis-

tinta (excepto en la caída libre), el cronómetro utilizado puede ser distinto, quien toma los datos puede estar en puntos distintos…

Hay que resaltar que estas ideas previas las tienen tanto los alumnos de 2.º de ESO como la mayor parte de alumnos de 2.º curso del Grado en Educación Primaria.

Por otra parte, se detectan los siguientes aspectos destacables:

– La dificultad en la elaboración de las tablas: al repetir la toma de datos, realizan tablas distintas a pesar de que la variable independiente sea la misma, lo que dificulta la interpretación de los resultados.
– La dificultad en la elaboración de gráficas, tanto manualmente como en Excel, para un número importante de alumnos de 2.º curso del Grado en Educación Primaria, lo que demuestra su poco uso previo a pesar de su gran utilidad. No obstante, en este caso sí se observan diferencias entre los alumnos que cursaron Física en Bachillerato respecto a los que no lo hicieron.

La realización del informe de laboratorio en el caso de 2.º de ESO, acompañado de una exposición del grupo al resto de la clase en el caso de los alumnos de 2.º de Grado, permite que los alumnos vean la necesidad de indicar la magnitud y la unidad correspondiente de una medida, puesto que si no se indican, la información dada carece de significado y no pueden analizar e interpretar las correspondientes tablas y gráficas.

Conclusiones

La evaluación por parte de los alumnos de las actividades, a pesar de tener un grado de madurez y de formación general muy diferente, es positiva en ambos casos.

Tanto los alumnos de 2.º de ESO como los de 2.º de Grado consideran muy motivador realizar la actividad fuera del aula y del laboratorio, y los alumnos universitarios valoran además haberla diseñado ellos mismos en un lugar elegido por ellos, puesto que les ha servido para desarrollar su autonomía y ver la física desde otra perspectiva.

La evaluación desde el punto de vista del profesor también es positiva. Aunque los resultados experimentales obtenidos por los alumnos son más exactos si se graban y se utilizan programas informáticos[9,10], se considera que, como primera toma de contacto con la elaboración e interpretación de tablas y gráficas, y la importancia de su uso, puede realizarse la actividad de la manera propuesta, puesto que de una forma sencilla y motivadora para los alumnos se consiguen los objetivos propuestos.

Las conclusiones finales que se obtienen son comunes a las dos actividades:

– La importancia de realizar actividades experimentales.
– La importancia del trabajo en grupo.
– La importancia de la toma de datos, elaboración de tablas y gráficas, y el análisis e interpretación de los resultados, extrayendo las conclusiones correspondientes.
– La importancia de que el alumno se sienta el protagonista de la actividad, la diseñe, aun con la orientación del profesor.
– La importancia de realizar actividades no solo en el entorno convencional, el aula o el laboratorio, sino también fuera de él.
– La importancia de trabajar los contenidos científicos en situaciones que formen parte de la realidad cotidiana del estudiante, para que pueda no solo asociar, sino identificar la física con su vida diaria.

---

[9] Calderón, S.; Núñez, P.; Gil, S. (2009). Estudio cinemático del movimiento de cuerpos que ruedan por un plano inclinado. *Latin- American Journal of Physics Education. 3,* (1), 68-71.

[10] AA.VV. (2011). Demostraciones experimentales sobre caída libre. *Alambique, 69*, 99-112.

Reactivo de Lugol: historia de su descubrimiento y aplicaciones didácticas

Manuela Martín Sánchez
mmartins@edu.ucm.es

María Teresa Martín Sánchez, Gabriel Pinto Cañón
Grupo de Didáctica e Historia de las Reales Sociedades Españolas de Química y de Física
Facultad de Ciencias Químicas, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid
Grupo de Didáctica de la Química, Universidad Politécnica de Madrid

Palabras clave: Reactivo de Lugol, reacciones redox, enlace químico, enseñanza de la química.

Keywords: Lugol Reagent, redox reactions, chemical bond, chemistry education.

Resumen

Nuestro trabajo consta de dos partes. En la primera se hace un estudio histórico sobre el descubrimiento del yodo y de las propiedades, fundamentalmente de las que permitieron utilizarlo en procesos de análisis químicos. Entre ellas se describe cómo se llegó al reactivo de Lugol.

La segunda parte se refiere a la aplicación del reactivo de Lugol como recurso didáctico en una clase de química en niveles no universitarios.

Abstract

Our work has two parts. The first is a historical study about the discovery of iodine and properties, mainly in the processes that allowed use in chemical analysis. Among them described how they came to the Lugol reagent.

The second part concerns with the application of Lugol reagent as a teaching resource in a chemistry class at no university levels

1. Historia del descubrimiento del Reactivo de Lugol

El yodo fue descubierto a principios del siglo XIX, en 1811, cuando Bernard Courtois buscaba nitrato potásico (salitre) en las algas marinas. El nitrato potásico, en aquel momento, estaba muy bien valorado con objeto de obtener pólvora para las guerras napoleónicas. Curtois quemaba las algas marinas y a

partir de la ceniza, eliminando los restos de materia orgánica con ácido sulfúrico, obtenía el salitre. Un día echó un exceso de sulfúrico y observó que salía un vapor morado muy llamativo que se condensaba formando unos cristalitos negros. Como no tenía demasiado dinero no se dedicó a hacer más investigaciones sobre lo que le había sucedido, pero sí hizo participe de ese hecho a Nicholas Clement (1779-1841) y a Charles Bernard Desormes (1771-1862), quienes a su vez (Partington, 1964)[1] se lo comunicaron a Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850) y a Humphry Davy (1778-1829), que estaba en esa época de visita en París. Gay-Lussac y Davy se dedicaron al estudio del yodo y sus propiedades pero los dos admitieron que el descubridor había sido Courtois, a quien le concedieron un importante premio económico por ese motivo, aunque no alivió su penuria económica porque lo gastó en nuevas investigaciones.

Las investigaciones sobre el yodo y sus propiedades fueron una de las múltiples causas de conflicto entre Gay-Lussac y Davy porque los dos se disputaron con frecuencia cuál había sido el primero en descubrir una determinada propiedad.

Gay-Lussac, en 1813, se dedicó a estudiar aquellos vapores extraños de color morado que había obtenido Courtois, que al condensarse formaban una sustancia de aspecto metálico, llegando a la conclusión de que se trataba de un nuevo elemento al que llamó «yodo» (del griego ιώδες (ioeidés), violeta, por el color de su vapor). En *Annales de Chimie* de 1813 y 1814 aparecen varios artículos que recogen todas las propiedades del yodo y sus derivados y cuyo autor, sin duda, es Gay-Lussac, aunque a veces no aparece expresamente su nombre.[2]

Gay-Lussac (1814) especifica en la p. 40 de su trabajo que ha estudiado de una forma especial la acción de la disolución de potasa sobre el yodo dando un precipitado blanco arenoso, que se descompone por el calor produciendo yoduro potásico y oxígeno, sustancia que por las características será el yodato de potasio. Continúa diciendo que el líquido contiene el «hidriodato de potasio», está claro que llamaba así a la disolución de yoduro potásico. Más adelante específica más sobre el significado del «hidriodato de potasio» y dice que la disolución es ligeramente amarilla cuando predomina el hidróxido potásico y rojo-marrón si predomina el yodo, lo que indica que el yodo es soluble en el «hidriodato» de potasio. Por último, añade que todos los «hidriodatos» tienen la propiedad de disolver yodo en abundancia manteniendo su carácter neutro.

Es evidente que en ese trabajo Gay-Lussac obtiene yodo disuelto en yoduro potásico cuando habla de la disolución de color rojo-marrón cuando predomina el yodo.

Por otra parte, por esa época también se descubre la coloración del yodo con el almidón. En el volumen de *Archives des Découvertes des Inventions Nouvelles*[3] de 1814 se recoge que en el laboratorio de Gay-Lussac decidieron que él estudiaría la acción del yodo sobre los cuerpos inorgánicos y Colin y Gaultier de Glaubry lo harían sobre los cuerpos orgánicos, encontrando que producía una coloración azul muy intensa sobre el almidón, hallazgo que publicaron en 1814.[4] En este trabajo dedican varias páginas a la acción del yodo sobre el almidón y, entre otras cosas, dicen que siempre se puede obtener un color azul más bello cuando se trata el almidón con un exceso de yodo disuelto en potasa.

---

[1] PARTINGTON, J.R. (1964). *A history of Chemistry*, Vol. IV, 85-86, MacMillan, London.

[2] GAY-LUSSAC, L.J. (1814). *Mémoire sur l'iode, Annales de Chimie*, 91, 5-160, (Libros Google).

GAY-LUSSAC, L.J. (1813). *Sur la combinación de l'iode avec l'oxigène, Annales de Chimie*, 88, 319-321, (Libros Google).

GAY-LUSSAC, L.J. (1813). Sur le nouvel acide formé avec la substance découverte par M. Courtois, Annales de Chimie, 88, 311-318, (Libros Google).

[3] Archives des Découvertes des Inventions Nouvelles, (1814), Vol. 7.

[4] COLIN, M., GAULTIER DE CLAUBRY, H (1814). Mémoire sur les combinaisons de l'iode avec les substances végétales et animales, *Journal de Physique, de Chimie, d'Histoire Naturalle et des Arts*, 79, 11-118 (Libros Google).

Después hicieron un estudio del comportamiento de ese color al aumentar la temperatura, al tratarlo con agua hirviendo, con dióxido de azufre, y otros medios. Todo lo anterior nos demuestra que la coloración del yodo con el almidón se conoció muy poco después del descubrimiento del yodo.

Muy pronto, las disoluciones de yodo se empezaron a utilizar en diversos tratamientos médicos y aunque, como hemos indicado, Gay-Lussac ya se había dado cuenta de que las disoluciones acuosas de yoduros disolvían el yodo y también Colin y Gaultier indican que el color azul del almidón es más bello con yodo disuelto en potasa, sin embargo no había trascendido esta propiedad en el mundo de la medicina y fue un médico francés apellidado Lugol quien primero describe explícitamente que el yodo que es prácticamente insoluble en agua, se disuelve fácilmente añadiendo yoduro potásico. Por este motivo, la disolución de yodo con yoduro de potasio en agua se llama reactivo o líquido de Lugol, o simplemente lugol.

Jean Guillaume Auguste Lugol (*fig. 1*) (1786-1851) fue un médico francés que utilizó el yodo, en el Hospital de *Saint Louis* de París entre 1829 y 1844 para tratar la escrófula (de latín *scrofulae* = paperas, diminutivo de *scrofa* = cerda preñada), que es un proceso infeccioso que afecta a los ganglios linfáticos (con frecuencia los del cuello), causado por el *Mycobacterium tuberculosis*. Lugol publicó, entre 1829 y 1830, tres trabajos[5] sobre la utilización de los baños de yodo y yoduro potásico para estos tratamientos. Estos trabajos adquirieron tanta importancia que fueron traducidos al inglés (Essáys, 1831)[6] y el hospital donde trabajaba Lugol recibió, en 1831, el Premio Montyon, establecido en pro del arte de curar, concedido ese mismo año a Courtois, como se explicó anteriormente, y a Coindet (por la aplicación del yodo en el tratamiento del bocio).



Figura 1 - J.G.A. Lugol. Lithographie de Grégoire et Deneux *Histoire des sciences médicales*, 36, 4, p 452.

Como bibliografía, en nuestro trabajo hemos utilizado al respecto la edición inglesa porque nos ha sido de fácil acceso a través de libros Google y porque el traductor inglés ha añadido apéndices y comentarios interesantes.

Lugol, según cuenta en sus escritos; comenzó utilizando por vía oral, como se utilizaba en otros tratamientos, la tintura de yodo de Coindet, médico de Ginebra y un sirope de Henry, farmacéutico jefe del Hospital Civil de París, pero su experiencia fue que no se podía fiar de la cantidad de yodo que contenían esas preparaciones ya que variaba mucho de unas a otras. Trató de hacer las disoluciones de forma que pudiera utilizar una cantidad muy pequeña de agua porque creía que los pacientes digerían mal el agua destilada y como tenía dificultades para disolver unos granos de yodo le había añadido unos granos de cloruro de sodio para que la disolución fuera más asimilable, según él, porque así se compensaba la pérdida de aire del agua destilada. Sin embargo, seguía teniendo muchos problemas, la solubilidad no mejoraba, se había dado cuenta de que el yodo se precipitaba con facilidad y pensaba que eso sería lo que sucedía en el estómago y lo que producía ardor a los enfermos.

---

[5] Lugol, J.G.A. (1829). *Mémoire sur l'emploi de l'iode dans les maladies scrophuleuses, lu à L'Academie Royale des Sciences dans la séance du 22 juin 1829*, vol.1, 78, J.B. Ballière, París.

Lugol, J.G.A. (1830). *Mémoire sur l'emploi de l'iode dans les maladies scrophuleuses, suivi d'un tableau pour servir à l'administration des bains ioduré selon les âges*, vol.1, 52, J.B.Ballière, París

Lugol, J.G.A. (1830). *Mémoire sur l'emploi de l'iode dans les maladies scrophuleuses, suivi d'un précis sur lárt de formuler les preparations ioudrées*, vol. 1, 219, J.B. Ballière, París

[6] *Essays of the effects of Iodine in scrofulous diseases*, S. Highley, (1831). London, Traducción inglesa de W.B. O'Shauhnessy consultada en libros Google (noviembre 2011).

Tampoco los enfermos encontraban apta la tintura de yodo (yodo en alcohol) por vía oral y cuando la utilizaba en los baños se daba cuenta que al añadir unas gotas de tintura de yodo en el baño, que tenía una temperatura entre 37 y 38 °C, se producían unos vapores violeta porque parte del yodo se sublimaba y el resto precipitaba en el agua.

Lugol cuenta en sus escritos que intentó disolver el yodo en agua, lo cual dice es difícil porque según Gay-Lussac solo se disuelve una parte de yodo en peso en siete mil partes de agua, y lo consiguió añadiendo yoduro de potasio, al que él llama «hidriodato» de potasio. La explicación de por qué lo llama «hidriodato de potasio» nos la da Turner (1825)[7], profesor de química de Edimburgo, porque para obtener el yoduro potásico lo que hace es disolver el yodo en una disolución de hidróxido de potasio de acuerdo con la siguiente receta: *«Para obtener el yoduro de potasio se trata yodo con una disolución concentrada de hidróxido de potasio. El exceso de hidróxido de potasio se neutraliza con ácido yodhídrico. La mezcla de compuestos de yodo obtenidos se calienta a sequedad con cuidado por la volatilidad del yodo»*. Al calentar yodo con hidróxido de potasio se forma yoduro y yodato, este último se descompone por acción del calor produciendo yoduro y oxígeno, por lo que el resultado final sería yoduro de potasio.

Según indica Lugol, el yoduro potásico no tendría ninguna acción desde el punto de vista médico y lo único que actuaría sería el yodo, pero añadir el yoduro potásico es la única forma adecuada de mantener el yodo en disolución.

Lugol utilizaba disoluciones acuosas de yodo y yoduro potásico de varias formas: por vía oral, mezcladas con manteca, por vía externa, como ungüento, y terminó optando, como más efectivo, por baños. Específica que el tratamiento oral tiene la ventaja de que aumenta el apetito, es diurético y el único inconveniente de tener acción purgativa se da en muy pocos casos. El mayor problema que tiene es que la disolución de yodo en agua utilizando el yoduro potásico es mucho más cara y hay pacientes que por motivos económicos no la pueden utilizar.

J. G. A. Lugol describe las investigaciones que hace utilizando las disoluciones con diferentes cantidades de yodo y demuestra los éxitos obtenidos que expone ante *l'Académie Royale des Sciences* avalado por una serie de académicos que conocen su trabajo. Advierte de la importancia de que el recipiente del baño no sea de cinc porque reacciona con el yodo y la concentración se hace menor. También indica que se debe tener cuidado con el tapón del frasco donde se guarda la disolución porque si es de corcho se ataca si entra en contacto con la disolución. Evidentemente, propone hacer disoluciones muy concentradas de yodo para después diluirlas para preparar los baños.

Neuzil (2002)[8], al reseñar la historia del reactivo de Lugol, dice que, en 1939, Bouvrain (padre del famoso cardiólogo Bouvrain) les enseñó a utilizar esta disolución para reconocer la presencia de granos de almidón en los tejidos vegetales. Cuando por motivo de la guerra la Facultad de Medicina de París se trasladó a Burdeos, utilizaban el Lugol para reconocer la presencia de glucógeno en el cuello del útero con vistas a realizar biopsias y, en 1940, en el laboratorio de bacteriología, lo utilizaban en las técnicas de coloración de Gram. Más tarde, sus profesores les enseñaron las virtudes terapéuticas del yodo y del Lugol.

La disolución acuosa de yoduro potásico y yodo se utiliza en biología, bioquímica, medicina y química; sin embargo, en los libros y en los catálogos de química figura como disolución yodurada de yodo o disolución acuosa de yodo, mientras que en los libros de las otras ciencias citadas, sí aparece como reactivo de Lugol. Suponemos que la explicación es porque el descubrimiento se debe a un médico y primero se utilizó en medicina y en biología.

---

[7] TURNER, E. (1825). *The Edinburg Medical and Surgical Journal*, vol. 24, 20.

[8] NEUZIL, E. (2002). Jean Guillaume Auguste Lugol (1788-1851) Sa vie et ses travaux Une brève rencontre, 150 ans après son décès *Histoire des sciences médicale*s, 36, 4,451-464,

2. Aplicaciones más importantes de las disoluciones acuosas de yodo

En la actualidad, la disolución acuosa de yodo utilizando yoduro de potasio aparece en todos los catálogos de productos químicos aunque, como ya hemos indicado, muy pocas veces aparece el nombre de reactivo o licor de Lugol, que sigue siendo de amplia utilización en este momento y entre los usos destacaríamos:

– Para el tratamiento de enfermedades relacionadas con la glándula tiroides, fundamentalmente el hipertiroidismo.
– Se recomendó utilizarlo como descontaminante del agua para beber en el desastre de Chernobil (1986). Existen evidencias de que el yoduro de potasio previene el cáncer de tiroides. En la actualidad se está utilizando también para contrarrestar los efectos del desastre nuclear de Fukushima (Japón).
– Como indicador de la presencia de almidón: amilasa y amilopectina, almidón vegetal y glucógeno animal.
– Para teñir el núcleo de las células y hacerlo más visible.
– Para la conservación del fitoplancton.
– En la biopsia para detectar cáncer en la vagina o en el cuello de útero porque varía el contenido de glucógeno (prueba de Schiller de la colposcopia, del griego *kolpos*, vagina, y *skopos,* mirar). También se puede utilizar para hacer análisis en la mucosa alveolar de la boca e inspeccionar la situación de las encías.
– En los acuarios marinos como fuente de yodo y de yoduro.
– Es desinfectante por su carácter antiséptico.
– Es un oxidante débil pero muy selectivo.
– En química analítica se usa en las yodometrías.
– En química en general como oxidante débil.

En los catálogos de productos químicos de distintas empresas como Sigma-Aldrich y Merck figuran varios tipos de disoluciones de yodo y yoduro potásico de diversas concentraciones y también figura como disolución de Lugol para la tinción de Gram estabilizada con polivinilpirrolidona (PVP), en frascos oscuros y la mayoría de las veces de vidrio. La pérdida de yodo se puede evitar con el uso de PVP en la disolución porque forma un complejo con el yodo. Este complejo es más estable y tiene una vida útil más larga.

3. Aplicaciones didácticas del reactivo de Lugol

Para trabajar experimentalmente con los estudiantes proponemos varias aplicaciones del reactivo de Lugol o de las disoluciones yoduradas de yodo.

3.1. Preparación del reactivo de Lugol

La obtención del reactivo de Lugol nos sirve como ejemplo de solubilidad de una sustancia en agua según su enlace químico. La molécula de yodo, I_2, está formada por dos átomos de yodo unidos con enlace covalente y, como consecuencia de su carácter apolar, el yodo es prácticamente insoluble en agua, como ya indicaba Gay-Lussac. Después de añadir agua sobre el yodo y comprobar que no se disuelve, se le añade yoduro potásico que se une con el yodo formando el compuesto KI_3 que ya es soluble en agua porque tiene carácter iónico (formado por el catión potasio y el anión triyoduro), y dando una disolución de coloración rojiza que es lo que se conoce como reactivo de Lugol o «disolución yodurada de yodo» y que tiene aplicaciones muy diversas. La preparación de la disolución de Lugol suele consistir en 5 g de I_2 y 10 g de KI disueltos en 85 mL de agua destilada, dando una disolución marrón con concentración total de yodo de 150 mg/mL. El yoduro del yoduro potásico hace soluble en agua al yodo diatómico, por la formación

de iones triyoduro, I_3^-. La conocida como tintura de yodo es otro preparado basado en yodo, que consiste en yodo diatómico y sales de yodo disueltas en agua y etanol. (Martín Sánchez, 1986, p. 36)[9].

Como complemento se puede hacer una extracción del yodo a partir del reactivo de Lugol utilizando un disolvente que tenga enlace covalente, como puede ser el diclorometano.

Este experimento se puede proponer incluso a alumnos de secundaria y, por supuesto, a alumnos de bachillerato, al tratar el tema de las propiedades de las sustancias derivadas del tipo de enlace químico (ver *figura 2*).

También se puede hacer alusión a este tema cuando se trabaja experimentalmente en la electrólisis de una disolución acuosa de yoduro potásico. Deben explicar las reacciones químicas que tienen lugar en los electrodos y por qué no aparece un precipitado de yodo de color negro, si ellos saben que el yodo es sólido, insoluble en agua y de color negro. (Martín Sánchez, 1986, p. 89).

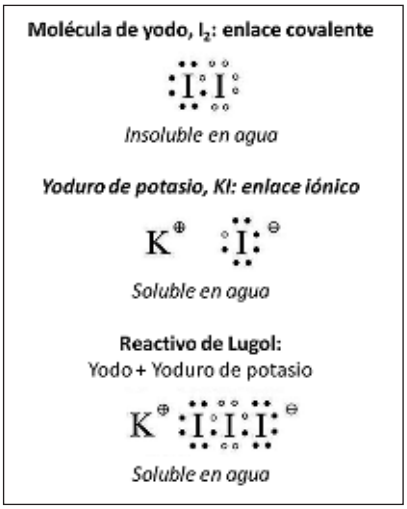


Figura 2. Estructuras de Lewis de las distintas especies de yodo discutidas en el texto.

3.2. El reactivo de Lugol para el reconocimiento de almidón

El reactivo de Lugol obtenido en el apartado anterior se puede utilizar para reconocer la presencia de almidón, porque esta sustancia adsorbe el yodo produciendo una coloración azul intensa, coloración que desaparece al calentar, porque se rompe la estructura que se ha producido, pero vuelve a aparecer al enfriar. (Martín Sánchez, 1986, pp. 162-163).

Nos permite reconocer la presencia de almidón en alimentos como el pan o la patata, pero también en otros como en diversos tipos de jamón de York y queso, porque se les añade patata cocida para aumentar el peso. También es frecuente encontrar almidón en el papel porque se utiliza para darle apresto.

El reconocimiento de la presencia de almidón, si no se dispone de reactivo de Lugol, se puede hacer con medicamentos que llevan yodo, como el betadine.

3.3. Reactivo de Lugol como oxidante

El reactivo de Lugol, además, es oxidante por tener yodo que, en presencia de reductores, pasa a ion yoduro, con un potencial de reducción estándar ($I_2 \rightarrow 2I^-$) de 0,538 V. Por eso, las disoluciones de yodo con yoduro potásico en agua se emplean ampliamente en valoraciones cuantitativas en química analítica. Según Partington (1964), p. 2, Bunsen, en 1853, desarrolló un método volumétrico de yodometría utilizando una disolución de ácido sulfuroso y trabajó en el análisis de aguas.

Cualquier texto de química analítica cuantitativa tiene un capítulo dedicado a yodometrías porque, como indica Walton (1970)[10], «el yodo es un agente oxidante débil, sin embargo, es útil en análisis volumétricos debido a su selectividad y a que son posibles puntos finales muy definidos cuando se usa almidón como indicador».

Nosotros proponemos utilizarlo como oxidante para reconocer alimentos antioxidantes. En estos momentos en que se habla tanto de alimentos antioxidantes y de su importancia, se puede comprobar que el ajo es «antioxidante» (es decir, reductor) porque decolora el reactivo de Lugol.

---

[9] MARTÍN SÁNCHEZ, M. y MARTÍN SÁNCHEZ, María T (1986). *Trabajos Experimentales en una Clase de Química de Nivel Elemental*, Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad de Salamanca.

[10] WALTON, H. E. (1970). *Principios y métodos de Análisis Químico*, Reverté, México, 349-350.

En un matraz se coloca una disolución más bien diluida de reactivo de Lugol, se añaden tres o cuatro dientes de ajo que previamente se han machacado bien en un mortero y se puede comprobar que al cabo de unos minutos el color rojizo de la disolución desaparece.

3.4. Problema basado en textos históricos

Partiendo de textos históricos, se pueden plantear problemas a estudiantes de 2.º de Bachillerato o de primer curso universitario. Por ejemplo, partiendo del texto recogido en *The Edinburg Medical and Surgical Journal*, vol. 24, julio 1825, p. 20, se propone el siguiente problema:

E. Turner, Profesor de química de Edimburgo escribe: «*para obtener el yoduro de potasio se trata yodo con una disolución concentrada de hidróxido de potasio. El exceso de hidróxido de potasio se neutraliza con ácido yodhídrico. La mezcla de compuestos de yodo obtenidos se calienta a sequedad. De esta forma se consigue yoduro de potasio».* Se pide:

– Escribir todas las reacciones que tienen lugar en el proceso descrito en el texto y calcular la cantidad de yodo y de hidróxido de potasio que serían necesarias para obtener 100 g de yoduro potásico suponiendo que el rendimiento de la reacción es del 80%.

– Indicar cómo se obtiene en la actualidad el yoduro de potasio, consultando bibliografía adecuada.

Se trata de una reacción de dismutación en la que el yodo pasa en parte a yoduro y, en parte, a yodato si se hace en caliente (en frío sería KIO). El yodato calentado se descompone en yoduro y oxígeno.

Es un problema que resulta interesante para los estudiantes porque incluiría escribir las reacciones, ajustarlas y hacer cálculos.

Agradecimiento

Se agradece la ayuda recibida por la Universidad Politécnica de Madrid, a través del proyecto de innovación educativa «*Enlaces múltiples: la Química en los distintos niveles educativos*».

Una experiencia emocionante, didáctica y motivadora: física en un parque de atracciones

Fernando Ignacio de Prada Pérez de Azpeitia
José Antonio Martínez Pons
Departamento de Física y Química. IES Las Lagunas. Rivas. Madrid
fernando.pradaperez@educa.madrid.org.

Palabras clave: Física y Parque de Atracciones. Física divertida.

Keywords: Physics and Amusement Park. fun Physics.

Resumen

Además de un lugar de ocio, los parques de atracciones pueden ser aprovechados didácticamente para la Física como un maravilloso laboratorio al aire libre, donde el estudiante puede experimentar en primera persona y comprender de una manera divertida a la vez que emocionante, conceptos y principios fundamentales de Física. De esta forma, los estudiantes se convierten en científicos y realizan tareas propias de los investigadores: observan, experimentan, se sorprenden, realizan medidas y toma de datos, resuelven problemas, solucionan cuestiones, y finalmente obtienen sus conclusiones. La Física después de esta actividad, que combina diversión, reflexión y aprendizaje, ya no será considerada como una asignatura aburrida, teórica y abstracta.

Abstract

Besides a place of leisure, the amusement parks can be used didactically for the Physics class as a wonderful laboratory outdoors, where the student can experience directly and understand in an entertaining, as well as exciting, concepts and fundamental principles of Physics. This way students become scientists and carry out tasks of the investigators: they observe, experiment, are surprised, take measures and collect information, solve problems, solve questions, and, finally, they obtain their own conclusions. Physics after this activity, which combines amusement, reflection and learning, will not be considered to be a boring, theoretical and abstract subject anymore.

1. Introducción

«Largo es el camino de la enseñanza por medio de teorías; breve y eficaz por medio de ejemplos»

Lucio Séneca

Frecuentemente en las clases de Física se plantean cuestiones y ejercicios relacionados con los movimientos en *tío-vivos* y *norias*, con las leyes de Newton en los *coches de choque* y en ascensos y descensos por rampas

inclinadas, y con las transformaciones de energía en las *montañas rusas*. ¿Por qué no aprovechar la oportunidad que ofrece un *parque de atracciones,* con sus atractivas máquinas, para utilizarlas como un interesante recurso didáctico? Bajo esta perspectiva, un parque puede transformarse en un maravilloso laboratorio de Física al aire libre donde experimentar y comprender de una manera segura, divertida y emocionante, conceptos y principios fundamentales estudiados en clase. Y lo que es muy importante, no es un objeto el que gira, cae o se lanza, es el cuerpo del estudiante el que sufre todos los cambios de velocidad, aceleración, fuerzas, energías, etc., lo que hace especialmente interesante la propuesta. No hay otra actividad extraescolar en que todos los estudiantes participen tan activamente como en esta, una experiencia que difícilmente olvidarán. Después de realizar esta actividad, cambiará la visión que tenían de la Física, haciéndola más interesante, cercana y lúdica. Ya nunca más pensarán que es una ciencia abstracta y compleja, sino que es aplicada, divertida y apta para todos. Comprueban que la diversión no está reñida con el aprendizaje y aumenta su interés por la Física y los estudios posteriores, en los que esta materia está presente.

2. OBJETIVOS

El objetivo fundamental de esta actividad no es aprender nuevos contenidos, sino poner en práctica y aplicar los conocimientos adquiridos en clase a situaciones reales, atractivas y emocionantes, para de esta forma comprender mejor principios fundamentales de la Física. Como objetivos más generales, pero no menos importantes:

- Aumentar el interés hacia la Ciencia en general y hacia la Física en particular.
- Aplicar las etapas del método científico a situaciones cotidianas y atractivas.
- Experimentar y sentir en primera persona principios fundamentales de la Física.
- Combinar el aspecto lúdico con el aprendizaje para comprobar que la Ciencia puede ser divertida a la vez que aplicada e interesante.
- Despertar nuevas vocaciones científicas.

3. CONTENIDOS

Los contenidos implicados se ajustan a los correspondientes a la programación de la asignatura de Física y Química de 4.º ESO y 1.º de Bachillerato, si bien son adaptables y ampliables a otros niveles y materias (tecnología), incluso, con las adaptaciones pertinentes, a primeros cursos de universidad.

– Cinemática: ¿qué es el movimiento?, movimiento absoluto y relativo, tipos de trayectorias, velocidad lineal y angular, aceleración, periodo, frecuencia, movimiento rectilíneo uniforme, movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, caída libre, movimiento circular uniforme y acelerado, periodo, frecuencia, etc.

– Dinámica: ¿qué son las fuerzas?, las fuerzas y su medida, composición y descomposición de fuerzas, leyes de Newton de la dinámica, masa y peso, fuerzas de rozamiento, fuerza centrípeta, etc.

– Energía: ¿qué es la energía?, tipos de energía, trabajo y la potencia, relación entre trabajo y energía, energía cinética, potencial y mecánica, transformaciones de energía, disipación de la energía principio de conservación de la energía mecánica con y sin rozamiento, etc.

4. ETAPAS

La actividad no consiste exclusivamente en la visita a un parque de atracciones para realizar las actividades que se proponen, sino que son tan necesarias y fundamentales otras tres etapas, con el fin de conseguir y optimizar los objetivos propuestos.

A. Preparación previa en el aula/laboratorio: es necesario concienciar al alumno de que es una actividad extraescolar que combina reflexión y diversión, que conozca previamente las atracciones que va a experimentar y todo lo que tiene que hacer durante la visita. Se pueden realizar algunas simulaciones, en clase o en el laboratorio, para explicar los contenidos implicados en cada atracción.

B. Realización de las actividades en el parque**:** los estudiantes suben a las atracciones (no es obligatorio montarse) y experimentan en primera persona los contenidos propuestos. Forman equipos de dos personas, para tomar medidas (desde tierra o montados), realizar estimaciones y cálculos con el fin de responder a las cuestiones y ejercicios. En esta etapa es muy importante que los profesores supervisen todo el proceso, ya que es lógico que algunos alumnos se dejen llevar por las emociones y se olviden de las obligaciones.

C. Evaluación en el aula: tan importante es esta etapa como las anteriores, por ello es imprescindible realizarla en una sesión de clase posterior a la visita. Al corregir las cuestiones y ejercicios, se comprueba el grado en que se han asimilado los contenidos implicados y en qué medida se han alcanzado los objetivos propuestos.

5. MATERIALES

Para llevar a cabo con aprovechamiento la actividad es imprescindible preparar previamente las unidades didácticas. Existen parques de atracciones que promueven la visita didáctica a sus instalaciones y disponen de cuadernos y guías a disposición del profesorado. Incluso el Ministerio de Educación y Ciencia (Programa Mentor), oferta un curso a distancia de divulgación científica relacionado con la didáctica de la Física en los parques de atracciones.

Al elaborar cada unidad didáctica, no deben faltar los siguientes apartados:

- Breve descripción de la atracción para saber dónde te vas a subir.
- Fundamento científico y conceptos básicos para comprender los conceptos implicados en el funcionamiento de la atracción.
- Datos técnicos para resolver los ejercicios propuestos.
- Sencillas cuestiones acompañadas de observaciones y sensaciones personales.
- Ejercicios que se resuelven a partir de medidas y cálculos sencillos.
- Experiencias para realizar con instrumentos de medida que el propio estudiante puede preparar (inclinómetros, acelerómetro vertical y acelerómetro horizontal).

Es importante que cada estudiante, además de una ficha didáctica, lleve un bolígrafo, calculadora y cronómetro (puede servir el teléfono móvil), y opcionalmente, otros instrumentos de medida, como los indicados: inclinómetro, para medir ángulos de inclinación en las rotaciones y pendientes de rampas, acelerómetro vertical, para estimar las aceleraciones en los ascensos y descenso, y acelerómetro horizontal, para estimar los ángulos de inclinación, aceleraciones en los giros e incluso alturas. Una cámara de fotos/vídeo es muy útil y recomendable para visionar y analizar posteriormente en el aula cada atracción. El uso de las nuevas tecnologías para realizar proyectos científicos permite mostrar y divulgar en la página web del instituto (y del departamento de Física y Química) el trabajo realizado, e incluso presentar el proyecto a certámenes didácticos que emplean las TIC.

6. UNIDADES DIDÁCTICAS

A. EXPERIMENTA LA CAÍDA LIBRE

Las atracciones de caída vertical son las más indicadas para experimentar con total seguridad la sensación de la caída libre y la aceleración de la gravedad. Esta atracción se puede dividir en cuatro etapas que corresponden a cuatro situaciones cinemáticas diferentes:

1.ª Ascenso: movimiento rectilíneo aproximadamente uniforme.

2.ª Reposo: durante breves segundos a máxima altura (nunca un reposo fue tan excitante).

3.ª Caída libre: movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (sin peligro).

4.ª Frenado: movimiento rectilíneo decelerado en varias etapas (sistema magnético) para hacerlo más suave y menos brusco.

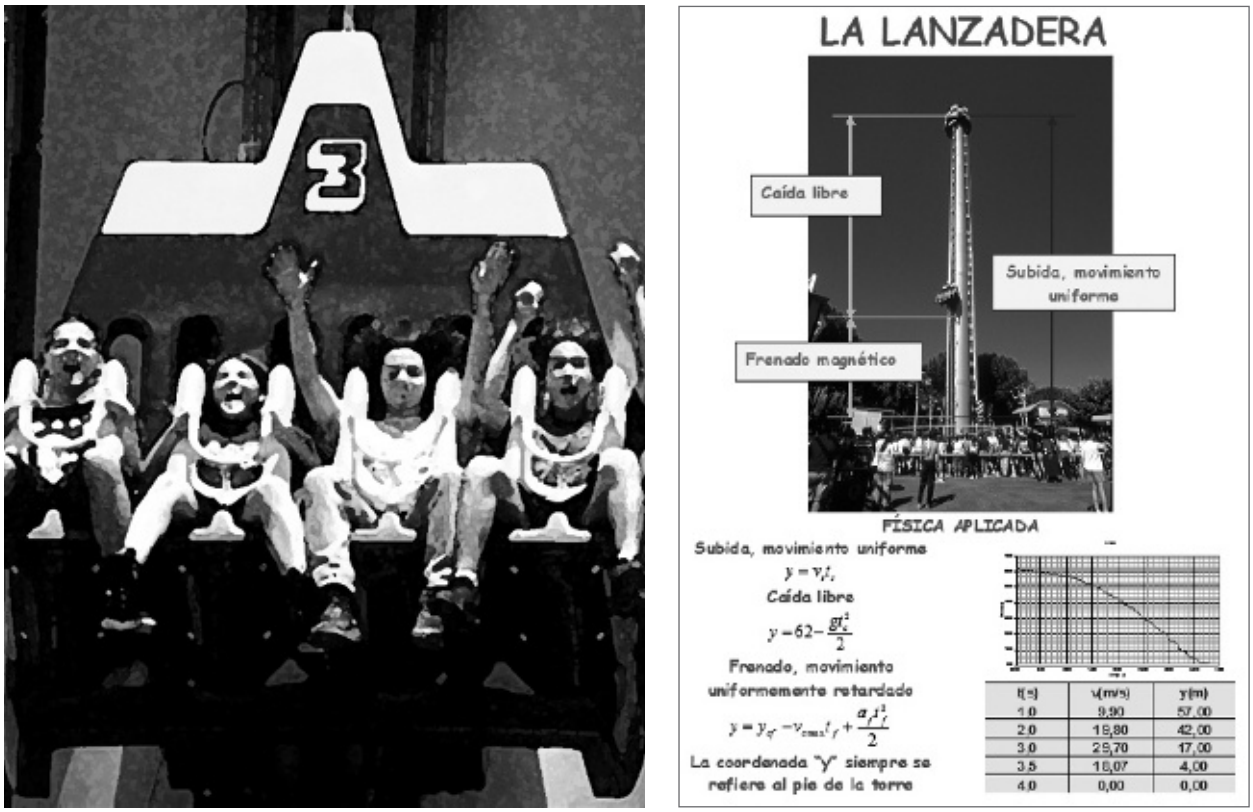


Figura 1. Caída libre (izda.) y análisis cinemático (dcha.).

La etapa más interesante desde el punto de vista didáctico y de la sensación experimentada por nuestro organismo es la caída libre. A partir de la medida con un cronómetro del tiempo que tardamos en descender en caída libre, hay que tener en cuenta que aproximadamente a mitad del recorrido el sistema magnético de frenado ya empieza a actuar, y de la ecuación de la velocidad, podemos calcular la velocidad máxima:

$$v = v_o + g \cdot t$$

compararla con el valor teórico a partir de la ecuación

$$v^2 = v_o^2 + 2gh$$

y valorar las causas de las discrepancias encontradas entre ambas velocidades.

De forma análoga, a partir del dato de la altura y mediante la ecuación del movimiento

$$h = h_o + v_o t + 1/2gt^2$$

podemos calcular el tiempo teórico de descenso y compararlo con el obtenido, que siempre será mayor debido al rozamiento con el aire.

En ambos casos se puede realizar un tratamiento vectorial o, más simplificado, escalar. En cualquiera de los casos es esencial que entiendan, a la vez que lo experimentan, el significado del valor 9,8 m/s^2 de la aceleración de la gravedad (cada segundo de caída su velocidad aumenta 9,8 m/s, que equivale a unos 35 km/h).

En el aula o laboratorio pueden intentar realizar la medida directa del valor de la aceleración de la gravedad, sujetando una pelota a una altura de tres metros y anotando el tiempo que tarda durante su descenso. En estas condiciones, obtendrán un valor bastante diferente al tomado como referencia debido a la acumulación de errores que tienen lugar durante la medida del tiempo de caída (especialmente el tiempo de reacción del observador). Utilizando otros sistemas, se pueden obtener valores más ajustados: directamente, mediante un dispositivo con puertas electrónicas, o indirectamente, a través de la ecuación del péndulo simple. $T = 2\pi\ (L/g)^{1/2}$.

Desde otro punto de vista, a partir del principio de conservación de la energía mecánica, se puede llegar a conclusiones semejantes. Toda la energía mecánica (potencial en la máxima altura) está disponible para conservarse pero ser transformada en cinética (punto final de la caída libre), prescindiendo de rozamientos con el aire.

$$E_{\text{Mecánica inicial}} = E_{\text{Mecánica final}}$$

$$E_{\text{Cinética}} = 1/2\ mv^2 \rightarrow v = (2gh)^{1/2}$$

donde *h* es la altura que desciende en caída libre, no la altura máxima.

El trabajo realizado por el motor durante la elevación del ascensor se almacena como energía mecánica. Al descender, la energía potencial se transforma en cinética, y al llegar al punto final y parar, esta energía no desaparece, sino que, según el principio general de conservación de la energía, se disipa en forma de calor, siendo el trabajo realizado por el sistema de frenado igual al valor de la energía mecánica almacenada.

Si utilizamos un acelerómetro vertical comprobaremos que durante la caída marca «cero g», lo que indica que estamos en caída libre y corresponde con que nos sentimos como si no pesásemos nada, ya que el elevador cae con nosotros, sensación semejante a la ingravidez, aunque la explicación física es totalmente distinta. Si no se dispone de un acelerómetro vertical, se pude utilizar un muelle, de los utilizados para comprobar la ley de Hooke (o un dinamómetro de 1 Newton), con una pequeña bolita colgada de su extremo inferior, o también un muelle con una constante elástica muy pequeña que se estira por efecto de su propio peso al ser sujetado verticalmente. Cuando estamos en reposo se observa que el muelle se encuentra estirado por efecto de la fuerza de gravedad y porque lo estamos sujetando por un extremo, pero durante los breves instantes que dura la caída libre, observaremos como el muelle deja de estirarse y recupera su longitud inicial, ya que desciende a la vez que la mano que lo sujeta. Si realizamos el descenso con un vaso con agua, se comprueba (con permiso de los encargados) que mientras dura la caída libre no se derrama el agua, pero sí cuando empiezan a actuar los frenos, por efecto de la brusca deceleración. De la misma forma, si colocamos una moneda de un céntimo de euro, sobre nuestra rodilla, la moneda permanecerá en su posición inicial durante el descenso, aunque el efecto del aire puede hacer que se desplace ligeramente.

Una experiencia muy interesante, para comprobar como todos los cuerpos, en contra de la lógica aparente e independientemente de su masa, caen a la vez, ya que están sometidos a la misma aceleración de la gravedad, es la siguiente:

– Introducir en un bote de plástico transparente (de los que traen pelotas de tenis) bolas de diferentes masas (canica de cristal, bola metálica, pelota de ping-pong, bola de golf) y cerrarlo con su correspondiente tapa.

– Subir al elevador con el bote y en el momento justo de empezar el descenso, darle la vuelta rápida y totalmente (girar 180°) observando atentamente lo que sucede a las diferentes bolas en el interior del tubo.

– Se comprueba como independientemente de su masa, y en ausencia de fuerzas de rozamiento, todas las bolas caen a la vez (*efectivamente Galileo tenía razón*); *flotan* dentro del tubo manteniendo sus posiciones relativas mientras descienden juntas.

B. EXPERIMENTA LA ACELERACIÓN CENTRÍPETA

Las atracciones giratorias son una buena oportunidad para comprobar la relación que existe entre magnitudes angulares y lineales, y de cómo aunque giremos a velocidad constante experimentamos una aceleración, y una fuerza, responsable de las inclinaciones y sensaciones que percibimos. En una primera etapa, cuando empiezan a girar las sillas, el movimiento es circular uniformemente acelerado (al igual que

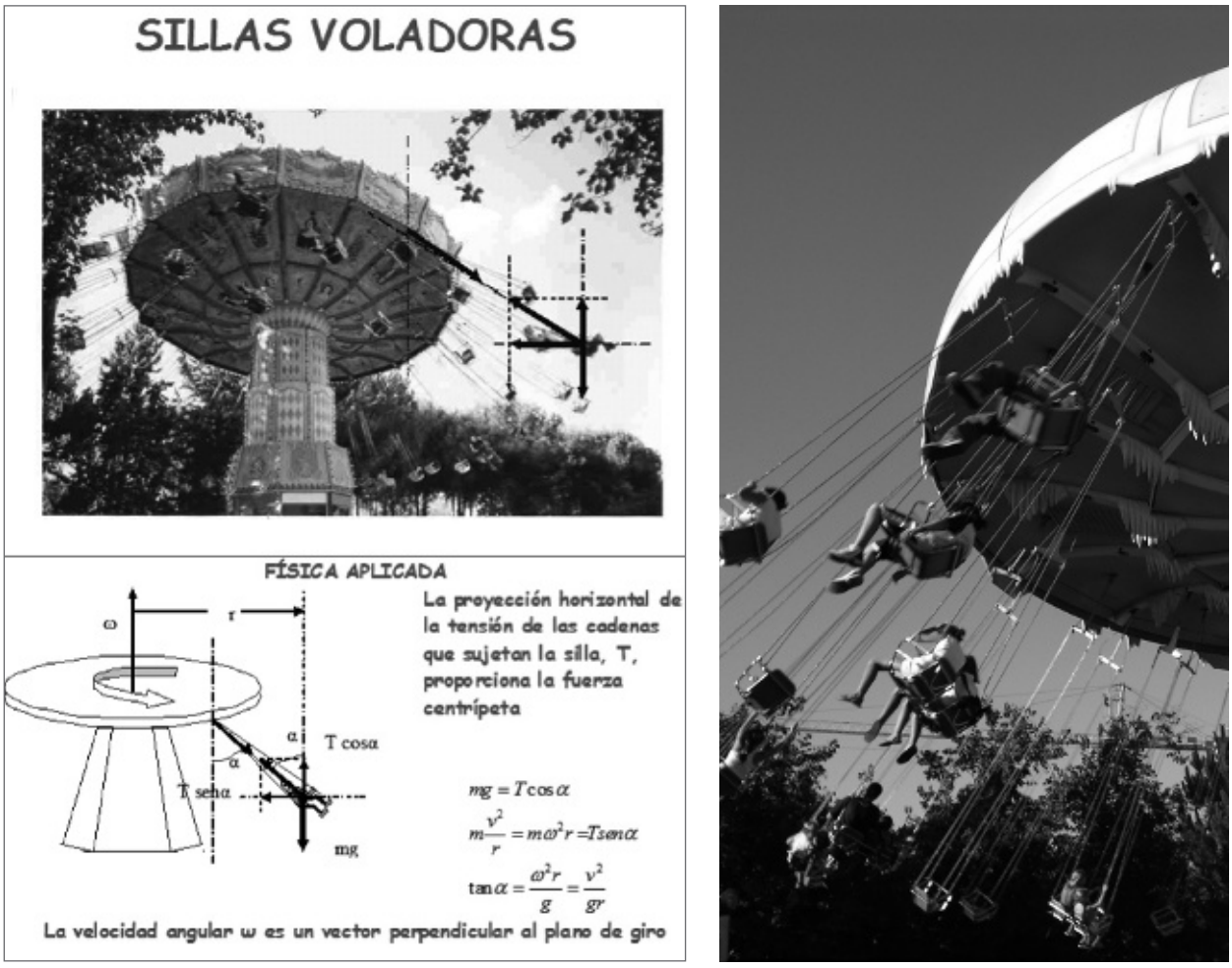


Figura 2. Sillas giratorias (izda.) y análisis dinámico de la rotación (dcha.).

al final, cuando empiezan a detenerse). Es una vez que alcanzan su velocidad de giro máxima, cuando se puede considerar un movimiento circular uniforme. Realmente, las sillas describen dos tipos de movimientos; uno de giro en torno a un eje vertical, y otro de la plataforma superior en torno a un eje horizontal, del que prescindiremos en un principio.

En el aula, el movimiento circular no es uno de los favoritos de los estudiantes, la explicación está en la implicación de magnitudes angulares, que les resulta más complicado. Por ello, para el aprovechamiento didáctico del movimiento de las sillas es necesario conocer el significado de las magnitudes angulares (ángulo descrito en radianes, velocidad angular en rad/s y rpm) y su relación con las lineales (arco recorrido, velocidad lineal).

$$\Delta s = \Delta\alpha \cdot r$$

(donde Δs es el arco recorrido, $\Delta\alpha$ es el ángulo expresado en radianes y r el radio)

$$w = \Delta\alpha/t = 2 \cdot \pi \text{ rad}/T$$

A partir de aquí ya pueden medir el tiempo que tardan las sillas en completar un número determinado de vueltas, para de esta forma calcular la velocidad angular y el valor medio del tiempo en dar una vuelta completa. Con este último dato obtienen directamente el periodo T y la frecuencia f (inversa del periodo $f = 1/T$).

Una vez obtenida la velocidad angular, es necesario realizar una estimación del radio de giro de la atracción para el cálculo de la velocidad lineal, a partir de la ecuación:

$$v = w \cdot r$$

(donde v es la velocidad lineal, w la velocidad angular y r el radio)

Se puede plantear la siguiente cuestión, ¿qué sucedería si se rompiesen las cadenas que sujetan a las sillas? La respuesta es que saldrían despedidas en dirección tangente a la trayectoria, que es la dirección de la velocidad lineal. Pero aunque todas las sillas giren con la misma velocidad angular, no todas saldrán con la misma velocidad lineal. Las sillas que están situadas a mayor distancia del eje de rotación, recorren más distancia que las más próximas, en el mismo tiempo, por ello adquieren más velocidad las sillas situadas más lejos del eje que las sillas más próximas al mismo.

En el análisis de la etapa inicial acelerada (o la final, de frenado), la velocidad toma diferentes valores. La aceleración angular media (α) se puede obtener a partir de la medida de dos velocidades angulares. En el caso más sencillo, se puede tomar como velocidad angular inicial cuando se encuentra en reposo ($w_o = 0$): $\alpha = w - w_o/\Delta t = w/\Delta t$

A partir de la aceleración angular y el radio se obtiene la aceleración lineal: $a = \alpha \cdot$ radio.

Expresión que indica que a mayor distancia al eje de giro, mayor radio y mayor aceleración. Por eso, si queremos sentir más sensación, debemos ocupar una silla lo más alejado posible del eje de giro, de esta forma el radio será mayor, al igual que la aceleración y el vértigo.

La diferencia fundamental entre el movimiento rectilíneo uniforme y el circular uniforme, radica en que en el circular cambia constantemente la dirección de la velocidad lineal (tangente a la trayectoria), aunque su módulo permanece constante. Y como la velocidad es un vector, el cambio en el módulo, dirección o sentido, implica la existencia de una aceleración, en este caso denominada normal o centrípeta, dirigida hacia el interior de la circunferencia y en dirección radial. Todos los cuerpos que describen un movimiento circular están sometidos a esta aceleración y a mayor velocidad de giro mayor aceleración, según la expresión:

$$a_c = v^2/r = w^2 \cdot r$$

Desde el punto de vista dinámico, si existe una aceleración (centrípeta) debe ser originada por una fuerza (2.ª Ley de Newton), en este caso se denomina fuerza centrípeta, y tiene la misma dirección y sentido que la aceleración centrípeta, según se deduce de la ecuación: $F_c = m \cdot a_c$

Esta fuerza es la responsable de que las sillas cambien de dirección y describan una circunferencia sobre su eje, de la misma forma que la Luna gira sobre la Tierra.

Aunque los libros de texto preuniversitarios ya no incluyen el concepto de fuerza centrífuga, curiosamente es la responsable de buena parte de las sensaciones que percibe la persona que gira en la silla (sistema no inercial), pero que no son detectadas por un observador en tierra (sistema inercial). Esta fuerza, denominada ficticia, tiene el mismo módulo y dirección (radial) que la centrípeta, pero sentido opuesto (hacia el exterior).

Si realizamos un estudio de todas las fuerzas que actúan, peso y tensión, tenemos:

– Fuerza peso, dirección vertical y sentido hacia abajo: $P = m \cdot g$
– Tensión que soporta la cadena, en la dirección de la cadena inclinada un ángulo α respecto a la vertical. Se puede descomponer en los dos ejes: $T_x = T \cdot \text{sen } \alpha$ $T_y = T \cdot \cos \alpha$
– En el eje vertical, se cumple que: $T_y = P \rightarrow T \cdot \cos \alpha = m \cdot g \rightarrow T = m \cdot g/\cos \alpha$
– En el eje horizontal: la fuerza centrípeta es la resultante de las fuerzas que actúan en su misma dirección, $T_x = T \cdot \text{sen } \alpha = m \cdot w^2 \cdot r$

Puede resultar curioso el que las sillas vacías se inclinen igual que las que se encuentran ocupadas, la explicación es que la inclinación no depende de la masa, sino de la velocidad angular, por esta razón, independientemente de la masa de los pasajeros, todas se inclinan lo mismo, ya que todas giran con la misma velocidad angular. De las ecuaciones anteriores ($T \cdot \text{sen } \alpha = m \cdot w^2 \cdot r$ y $T \cdot \cos \alpha = m \cdot g$) y dividiendo miembro a miembro, se deduce que el ángulo de inclinación solo depende de la velocidad y del radio (las más alejadas se inclinan más), no de la masa del pasajero: $tg\ \alpha = w^2 \cdot r/g$

En el aula se puede realizar una simulación de las sillas giratorias empleando una centrifugadora manual, quitando los tubos metálicos y sujetando, mediante hilos, dos canicas de igual masa. Al girar la manivela manualmente se comprueba como al aumentar la velocidad aumenta el ángulo de inclinación. A continuación, cambiamos una de las canicas por una bola metálica, y comprobaremos como el ángulo de inclinación es exactamente el mismo para los dos cuerpos en rotación, independientemente de su masa.

C. EXPERIMENTA LA CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA MECÁNICA

La estrella de cualquier parque de atracciones del mundo es sin duda la montaña rusa. Aunque su diseño y recorrido cada vez es más complicado, sin embargo el fundamento científico de su funcionamiento es muy sencillo. Todas suben y bajan, algunas trazan curvas abismales, otras realizan giros (*loops*) verticales y horizontales, y no faltan las que impactan contra el agua para refrescarnos con una ola envolvente. En cualquiera de ellas sentirás fuerzas varias veces superior a tu peso, semejantes a las que sufren los pilotos acrobáticos durante sus maniobras en vuelo o los pilotos de Fórmula I al trazar las curvas a gran velocidad en los circuitos de carreras.

Haciendo un análisis dinámico, sobre los vagones de las montañas rusas que ascienden o descienden por un plano inclinado, actúan varias fuerzas que son responsables del movimiento:

– La fuerza motriz; que le impulsa solo hasta la cima más alta, actúa en la dirección de la vía y sentido hacia arriba. Esta fuerza deja de actuar cuando inicia el descenso.
– La fuerza peso; siempre actúa en dirección vertical y sentido hacia abajo, descomponiéndose sus efectos en dos direcciones perpendiculares: una paralela a la vía ($P_x = P \cdot \text{sen } \alpha$) y otra perpendicular ($P_y = P \cdot \cos \alpha$).

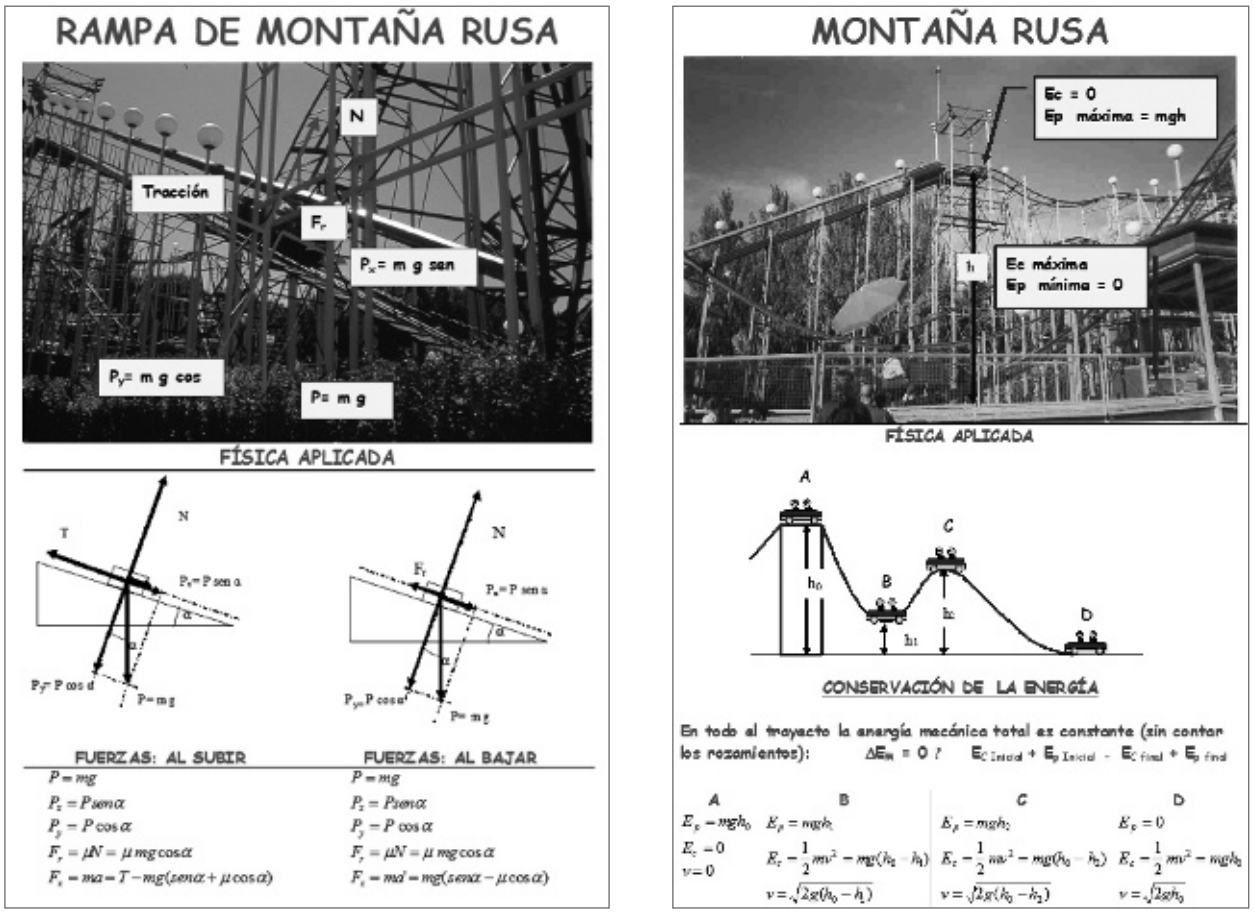


Figura 3. Análisis de fuerzas (izda.) y de energías (dcha.) en ascensos y descensos.

– La fuerza normal; que corresponde a la reacción de la fuerza peso en el eje *Y*.

– La fuerza de rozamiento de las ruedas sobre las vías, siempre en sentido contrario al movimiento, se prescinde de la resistencia del aire (*Froz* = $\mu \cdot$ N). También existe fuerza de rozamiento con el aire, en este caso aumenta con el cuadrado de la velocidad, cuando aumenta la velocidad, aumenta el rozamiento, si bien podemos prescindir de ella.

A partir de los datos y/o estimaciones de la masa, del ángulo de inclinación y del coeficiente de rozamiento, podemos dibujar y calcular las fuerzas componentes, la fuerza resultante y la aceleración que actúa sobre el vagón en diferentes situaciones.

El funcionamiento de cualquier montaña rusa está basado en un principio fundamental de la física: el Principio de Conservación de la Energía Mecánica, *«En ausencia de rozamiento, la energía mecánica del vagón se mantiene constante durante todo el recorrido».* Siendo la energía mecánica la suma de dos tipos de energía: la energía cinética (debida al movimiento) y la energía potencial (debida a la posición o altura).

Siendo la expresión de ambas energías las siguientes:

$$E_{\text{Cinética}} = 1/2 \cdot mv^2 \qquad E_{\text{Potencial}} = mgh$$

De manera que el principio de conservación se puede expresar como:

$$E_{\text{Mecánica inicial}} = E_{\text{Mecánica final}} \rightarrow \Delta E_{\text{ Mecánica}} = 0$$

Esto significa que durante todo el trayecto, el valor de la energía mecánica es el mismo desde el momento en que se inicia el primer descenso, produciéndose transformaciones de energía potencial en cinética

y viceversa, por lo que ambas magnitudes no se conservan por separado, pero sin embargo, su suma siempre va a tener el mismo valor en todos los ascensos y descensos del recorrido. En la realidad, la energía mecánica no se conserva íntegramente porque durante el recorrido una parte de la energía mecánica inicial se va transformando en energía calorífica (trabajo de rozamiento) debida al rozamiento del vagón con el aire y los rieles, pero sí se cumple el Principio de Conservación de la Energía, que se expresa mediante la ecuación física:

$$\Delta E_{\text{Total}} = 0 \rightarrow \Delta E_{\text{Mecánica}} + W_{\text{Rozamiento}} = 0$$
$$\Delta E_{\text{Mecánica}} = -W_{\text{Rozamiento}}$$

El calculo de la velocidad máxima se puede realizar a partir de la conservación de la energía mecánica: $E_{\text{Mecánica Inicial}} = mgh = E_{\text{Mecánica Final}} = 1/2\ mv^2 \rightarrow v = (2gh)^{1/2}$

Se observa que valor de la velocidad no depende de la masa del tren, da igual que circule vacío o lleno. Si utilizamos las ecuaciones de la cinemática comprobaremos que la velocidad es la misma que si el tren cae verticalmente partiendo del reposo ($v_o = 0$)

$$v^2 = v_o^2 + 2gh$$

Otros cálculos y medidas que se pueden realizar, prescindiendo de rozamientos;

– el trabajo realizado por el motor para elevar el vagón hasta la cima más alta que se almacena como energía mecánica (potencial).
– la potencia que desarrolla el motor a partir de la relación entre el trabajo realizado y del tiempo que tarda en subir.
– la medida de la velocidad: a partir del cociente entre la longitud total del tren (si es suficientemente largo) y el tiempo que tarda en pasar por un punto o a partir de la relación entre la longitud de varios tramos de pista (suelen ser tramos simétricos de igual longitud) y el tiempo que emplea el vagón en pasar por ellos.

Cuando se plantea a los estudiantes la pregunta ¿desde qué altura mínima debe caer el tren para describir un *loop* vertical completo? Una respuesta muy común es que sería suficiente con que la altura inicial de descenso fuese igual a la altura máxima del rizo. Sin embargo, si esto fuese así, el vagón llegaría a dicho punto pero con una energía cinética nula, la misma que tenía al iniciar el descenso, y se detendría. Para responder correctamente a esta cuestión, hay que tener en cuenta que en ausencia de rozamientos, la energía mecánica (potencial ya que la cinética es prácticamente cero) en el punto inicial de descenso debe ser igual a la energía mecánica en el punto superior del rizo: suma de la energía cinética necesaria para seguir circulando y de la energía potencial a una altura *h* igual a dos veces el radio, supuesta circular.

$$E_{\text{Mecánica inicial}} = E_{\text{Potencial inicial}} = mgh_o$$
$$E_{\text{Mecánica final}} = E_{\text{Cinética final}} + E_{\text{Potencial final}} = 1/2\ mv^2 + mg2R$$

Igualando ambas energías y simplificando las masas, se obtiene que:

$$mgh_o = 1/2\ mv^2 + mg2R \rightarrow gh_o = 1/2\ v^2 + g2R$$

Teniendo en cuenta que en el punto más alto del *loop* el peso es igual a la fuerza centrípeta y despejando la velocidad en función del radio:

$$P = F_c \rightarrow mg = mv^2/R \rightarrow v^2 = g \cdot R$$

Llevando esta expresión de la velocidad a la ecuación anterior y simplificando las masas, resulta que la longitud mínima para que el tren complete el *loop* debe ser igual a 2,5 veces el radio de giro: $gh_o = 1/2\ gR + g2R \rightarrow h_o = 5/2R$

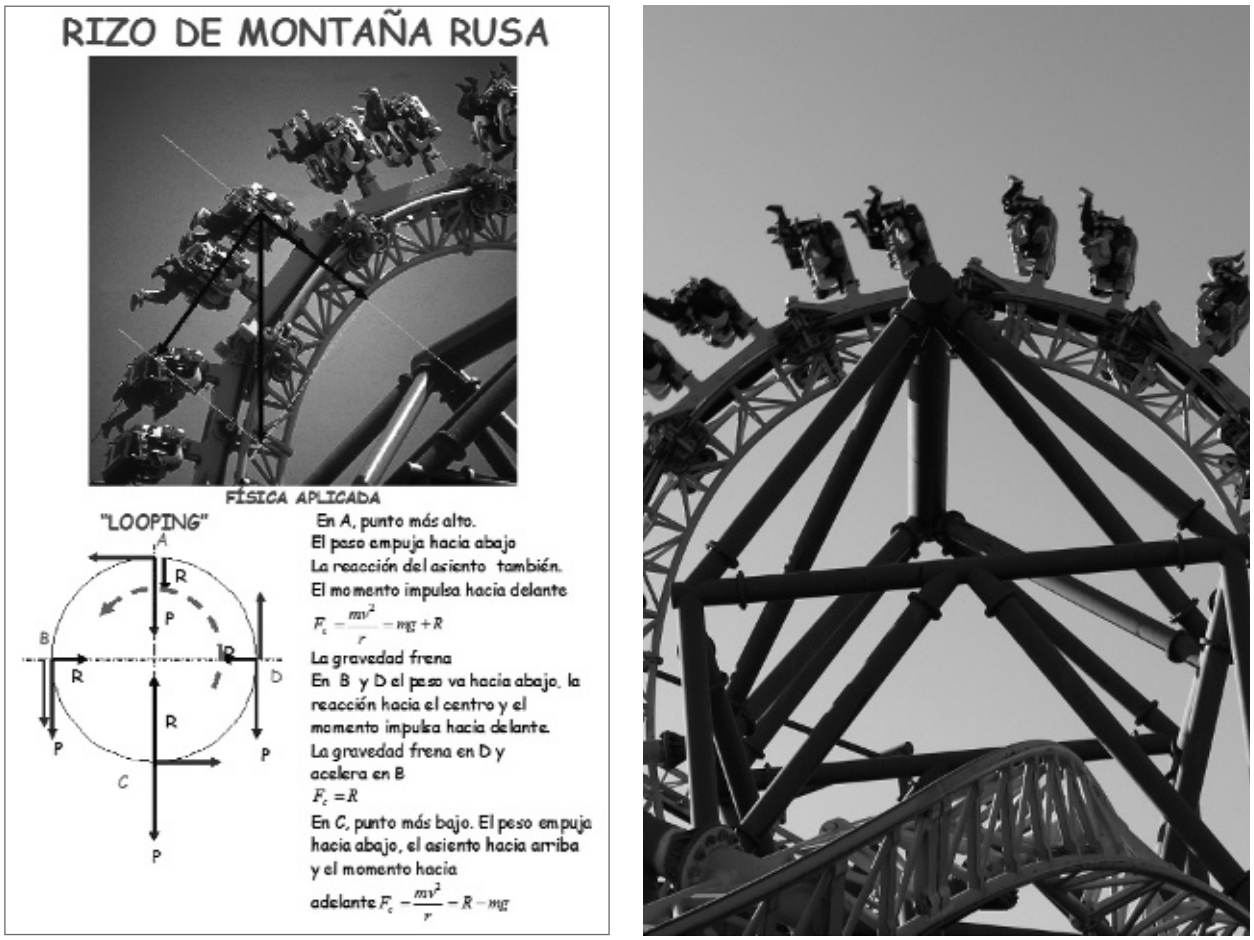


Figura 4. Rizo de montaña rusa (izda.) y análisis dinámico del *loop* (dcha.).

Al final del recorrido, un sistema combinado de frenado magnético y mecánico detiene al vagón, para que sea descargado y nuevamente cargado y elevado, repitiendo el ciclo. Las modernas montañas rusas tienen un sistema que mide el tiempo total del recorrido, y lo comparan con el establecido como normal, si el tiempo obtenido es mayor, indica que por alguna causa la velocidad del vagón ha disminuido, lo que se traduce en pérdidas de energía por rozamiento excesivas y que debe detenerse la atracción para que el ingeniero revise todo el recorrido. Si hubiese demasiado rozamiento, podría darse el caso de que el vagón no completase un ascenso y permaneciese oscilando hasta que toda la energía se disipase y el vagón se detuviese.

En el laboratorio se puede simular y experimentar con montañas rusas disponibles en jugueterías o sencillamente empleando un largo tubo de plástico (5 m) transparente y una bolita metálica. Con ayuda de soportes y pinzas, se diseña y fija un recorrido:

– Si el recorrido tiene forma de U, se deja caer la bola por uno de sus extremos y se mide la altura máxima que alcanza en el otro extremo cuando se detiene, para comprobar que no coincide con la inicial y calcular la energía disipada por rozamiento a partir de la diferencia entre ambas energías.
– Si el recorrido tiene un *loop* vertical, se deja caer la bola desde una altura igual o ligeramente superior a la del *loop*, para comprobar que no llega a completarlo, siendo necesario elevar la altura inicial de descenso ($h \geq 5/2 \cdot R$) para conseguirlo.
– Si el recorrido tiene un *loop* horizontal (o vertical), se deja caer la bola desde una altura suficiente para completar el recorrido, y se mide la velocidad al salir por el otro extremo mediante puertas fotoeléc-

tricas (o dejando que al salir la bola caiga justo por el borde de una mesa de altura conocida, midiendo la distancia que alcanza y aplicando las ecuaciones del lanzamiento horizontal). Después de comparar la velocidad teórica con la medida, se analizan y discuten las posibles causas de las diferencias.

D. EXPERIMENTA UN MOVIMIENTO OSCILATORIO

Una típica atracción presente en ferias y parques de atracciones es la que produce un movimiento oscilatorio impulsado por una rueda giratoria situada en la base, que se mueve por efecto de un motor. En algunas atracciones, para dar mayor sensación, además se añade un movimiento giratorio de la plataforma sobre su propio eje.

El movimiento de una atracción oscilante pasa por tres fases. La primera corresponde a un movimiento oscilatorio con impulso exterior, en la cual la amplitud de las oscilaciones va en aumento hasta alcanzar un valor máximo. A partir de este momento el motor únicamente se emplea para compensar las pérdidas por rozamiento, con el aire y entre el eje de balanceo y el soporte. Finalmente, una tercera fase en la cual el movimiento se hace amortiguado hasta que la máquina se detiene. Para adaptar su aplicación a los niveles indicados, se considera que en ambos casos el movimiento corresponde al de un oscilador libre. El ejemplo más sencillo de movimiento oscilatorio es el movimiento armónico simple, que se produce cuando un cuerpo oscila indefinidamente entre dos posiciones sin perder energía mecánica. Constituye un buen modelo para aproximarse a muchas oscilaciones que se dan en la naturaleza.



Figura 5. Atracciones oscilantes: sin rotación (izda.) y con rotación (dcha.)

El movimiento oscilatorio es un movimiento periódico alrededor de una posición de equilibrio. A diferencia del movimiento giratorio, en que no existe dicha posición. Por tanto, nuestra distancia al centro de la oscilación pasa alternativamente por un valor máximo y otro mínimo, igual que un péndulo. Si el Sol estuviese situado justo encima de la atracción, observaríamos que la sombra de la máquina al oscilar describe un segmento de recta sobre el suelo, con una posición de equilibrio situado en el centro.

En el análisis de este movimiento oscilatorio se pueden medir y/o calcular las siguientes magnitudes características:

– Periodo (T); tiempo transcurrido en realizar una oscilación completa. En el movimiento circular equivale a una vuelta.

– Frecuencia (f); número de oscilaciones por unidad de tiempo. De la definición de periodo y frecuencia se deduce que son magnitudes inversas. $T = 1/f$

– Pulsacion o velocidad angular (ω); corresponde con la velocidad de un movimiento circular uniforme que tenga el mismo periodo. $w = 2\pi$ rad/$T = 2\pi$ rad $\cdot f$

– Elongación (x): separación de un punto cualquiera al punto de equilibrio.

– Amplitud (A); equivale a la máxima elongación.

Aunque este tipo de atracciones no corresponden realmente a un oscilador armónico, puede ser la base para el estudio de otros fenómenos más complejos que permiten entender mejor el comportamiento de sistemas físicos reales. Incluso el péndulo matemático más sencillo (péndulo simple) no es realmente un auténtico oscilador armónico, ya que solo se cumple que para pequeñas oscilaciones ($\theta < 14° = 0{,}244$ rad):

$$T = 2\pi\ (L/g)^{1/2}$$

De la ecuación anterior, se deduce que teóricamente todos los péndulos de igual longitud oscilarán del mismo modo, independientemente de la masa que oscila.

Una sencilla experiencia permite poner en práctica los conceptos implicados. Consiste en medir la aceleración de la gravedad mediante la ecuación del péndulo simple. Para ello se cuelga de un hilo de longitud conocida ($L = 2$ m) una bola, y se deja oscilar libremente con un pequeño ángulo. Midiendo el tiempo que tarda la bola en completar un número determinado de oscilaciones, se calcula el periodo y con ayuda de la ecuación $g = (2\pi)^2 \cdot L/T^2$, obtendremos el valor de g con bastante precisión.

Las máquinas oscilatorias pueden analizarse desde el punto de vista de la conservación de la energía mecánica (prescindiendo de impulsos y rozamientos) y de las transformaciones que experimenta la energía potencial en energía cinética. Alcanzándose los valores máximos de la energía potencial en los extremos del recorrido, cuando la altura es máxima y la velocidad mínima, y los máximos de la energía cinética en el punto central del recorrido, en que la altura es mínima y la velocidad máxima. Midiendo, o estimando, la altura máxima que asciende, se puede calcular la energía potencial máxima y, a partir de esta, la energía cinética máxima para llegar a obtener la velocidad máxima al pasar por el punto de equilibrio.

4. CONCLUSIONES

La experiencia de varios años realizando esta actividad con cientos de alumnos y los comentarios de los profesores que la han puesto en práctica, nos hace concluir que no solo se trata de la actividad más deseada por los estudiantes, sino que cumple satisfactoriamente los objetivos didácticos propuestos. La Física ya no será considerada como una ciencia abstracta y complicada, sino una ciencia emocionante y apta para todos los estudiantes de secundaria y bachillerato, por lo que, además, puede servir para generar futuras vocaciones científicas.

5. BIBLIOGRAFÍA

Ayuntamiento de Madrid (2012). *Madrid, un libro abierto.* Actividades Escolares 2012/13. Dirección General de Educación y Juventud. Madrid.

ESCOBAR, C. (1990). Amusement Park Physics. *The Physics Teacher.*

MARTÍNEZ, J. A.; PRADA, F. I. (2002). El Parque de Atracciones como laboratorio de Física. *Boletín del Colegio de Doctores y Licenciados. Madrid.* N.º 140.

MCGEE, J. (1988). Physics Student Day at Six Flags. *The Physics Teacher.*

PRADA, F. I.; MARTÍNEZ, J. A. (2001). *Aprende Física en el Parque de Atracciones*. Madrid. Consejería de Educación. D.G. Ordenación Académica.

PRADA, F.I.; MARTÍNEZ, J. A. (2005). *El lenguaje de la Física en el Parque de Atracciones*. VIII Jornadas de Intercambio de Experiencias Educativas. CAP Alcalá.

ROEDER, J. (1975). Amusement Park Physics. *The Physics Teacher*.

TAYLOR, G. A. (1984). Physics Laboratory at six flags over Georgia. *The Physics Teacher*. September.

WALKER, J. (1983). Cómo reflexionar sobre la física subido en las montañas rusas. *Investigación y ciencia*. N.º 87.

http://www.parquedeatracciones.es/aulas-fisica Actividades de Física: Cuaderno y Guía

http://www.aulamentor.com.es/index.php/cursos/inicaciacion-a-la-fisica/119 *Súbete a la Física en un Parque de Atracciones*. Curso del MEC. Gobierno de España.

Innovación en educación basada en el gusto, el placer por la alimentación y los conceptos básicos de nutrición

M.D. Cabañas Armesilla

Dpto. Anatomía y Embriología Humana II. Facultad de Medicina. Universidad Complutense de Madrid. España. Ciudad universitaria. 28040 Madrid. España. Tfno. 0034 91 3941344

lolacaba@med.ucm.es

L. Martín Rubio

Dpto. Anatomía y Embriología Humana II. Facultad de Medicina. Universidad Complutense de Madrid. España

P. Campos Martín

Dpto. Anatomía y Embriología Humana II. Facultad de Medicina. Universidad Complutense de Madrid. España

C.A. Hartwick

Danone Institute International

L. Moreno Aznar

Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Zaragoza

N. López Ejeda

Dpto. Anatomía y Embriología Humana II. Facultad de Medicina. Universidad Complutense de Madrid. España

Voluntarios de la Danone Nation Cup 2011.

Palabras clave: Hidratación, educación nutricional, eventos deportivos infantiles.

Key words: Hydration, nutritional education, children's sporting events.

Resumen

Expone el uso de material educativo innovador en la enseñanza nutricional basado en conceptos básicos de nutrición e hidratación mediante talleres sobre estimulación del gusto, el placer de los alimentos en un evento deportivo intercultural de 5 días, con niños de 40 países (10-12 años). El objetivo es crearles a través las actividades, en un ambiente adecuado, nuevas actitudes en torno a la comida, ampliarles sus conocimientos sobre alimentación y nutrición, así como resaltar la importancia de una correcta alimentación e hidratación en el rendimiento deportivo que mejoran la salud y la calidad de vida y disminuyen las patologías.

Abstract

Based on basic concepts of nutrition and hydration, we describe the use of innovative educational materials on nutrition education, which were used in workshops on taste stimulation, and promoting the

pleasure of eating during an intercultural sport event with children from 40 countries (10-12 years), lasting for 5 days. The goal was to develop, through the activities perfrormed in a suitable environment, new attitudes towards foods, and to extend their knowledge on food and nutrition as well as to highlight the relevanance of a proper nutrition and hydration in sports performance. These activities should allowenhancing health and quality of life and reduce the risk of chornic diseases.

Introducción

En la actualidad se reconoce la gran importancia que tienen los estilos de vida sobre el nivel de salud de la población. Diversos trabajos han puesto de manifiesto la elevada prevalencia en la población de hábitos alimentarios inadecuados. En los primeros estadios de la vida estas cuestiones adoptan una primordial relevancia, dado que es cuando se adquieren e instauran gran parte de los hábitos que en muchos casos permanecerán durante toda la vida. (González Montero de Espinosa y Marrodán, 2003).

La educación alimentaria y nutricional es una herramienta efectiva y accesible como parte de programas promotores de salud orientados al desarrollo de prácticas alimentarias saludables. No hay que olvidar que la dieta no solo constituye un medio esencial en la terapéutica de muchas enfermedades, sino que también permite la educación de los hábitos alimentarios, además de representar un elemento confortable en la vida de las personas. (Calvo *et al.* 2012).

Sean cuales sean los alimentos que escojamos, estos influyen en nuestra salud. Las elecciones individuales de ellos no construyen ni destruyen la salubridad de una dieta, pero el equilibrio de los alimentos que elegimos durante largos períodos puede marcar la diferencia. El reto, por tanto, consiste en saber combinar los alimentos favoritos y el placer con una dieta bien equilibrada. (Whitney 2001; Rolfes 2011).

La dietética deportiva es una parte importante de la ciencia de la alimentación humana, se dirige a establecer las condiciones nutricionales óptimas con las que se puede aumentar el bienestar, las condiciones de salud y el rendimiento físico del deportista, o del que practica ocasionalmente ejercicio físico de carácter recreativo. Una nutrición correcta, el ejercicio físico regular y el seguimiento de unas reglas básicas de higiene de vida son los pilares de una vida saludable. (Barbany 2012).

El presente capítulo expone una serie de temas que van desde aspectos de educación nutricional y de salud pública, hasta la experiencia de implantarlos con niños de 10 a 12 años de los 5 continentes, en un evento futbolístico mundial utilizado para transmitir la importancia de una correcta alimentación e hidratación, así como el valor de la parte social de comer, disfrutando y degustando nuevos sabores, a la vez que desarrollan un campeonato de fútbol internacional.

Objetivos

Quienes trabajan como educadores en alimentación y nutrición deben revisar su propia actitud al transmitir información, así como las técnicas utilizadas, y deben desarrollar las habilidades y destrezas adecuadas para la puesta en marcha de una alimentación saludable.

En base a lo expuesto es por lo que nos plateamos estos objetivos en nuestro trabajo y que pasamos a exponer en este capítulo, porque la educación nutricional es el mejor instrumento para construir hábitos alimentarios saludables en los niños.

1. A corto plazo, ampliar el conocimiento y la curiosidad por la alimentación e hidratación en el deporte en un evento deportivo internacional de niños.
2. A largo plazo, estimular el cambio en el comportamiento alimentario entre los niños a través del descubrimiento con nuevas actividades de nutrición del placer por los alimentos, la estimulación del gusto, la convivencia durante el mismo evento internacional de niños.

Metodología

Dada la importancia de la enseñanza nutricional desde una edad temprana, así como una correcta hidratación en esta etapa de la vida y de especial relevancia en la práctica deportiva, se desarrollaron una serie de actividades para promover las relaciones interculturales así como el desarrollo de conocimientos básicos sobre nutrición, alimentación y salud, en un evento futbolístico mundial «Danone Nations Cup 2011» (DNC), bajo la iniciativa de Danone y con la participación de 600 escolares de 10 a 12 años (98% niños y 2% niñas), procedentes de 40 países (5 continentes) durante 5 días en Madrid (España). Era la primera vez que se empleaban en un evento así, y para ello se crean cuatro temas principales, a desarrollar en un ambiente coherente de aprendizaje: actividades de nutrición que versaban en hidratación, placer por los alimentos, estimulación del gusto y convivencia, aplicados a todas las culturas participantes, lo que entrañaba una ganancia de conocimientos, un cambio en el pensamiento, así como en la actitud hacia la elección de alimentos con una mayor concienciación en el consumo de agua, otorgándole un enfoque innovador (*Foto 1*).

Técnicas empleadas

Se diseñaron por Carol Anne Hartwick y el profesor Luis Moreno del Danone Institute International en colaboración con el Instituto Danone España y el equipo de la DNC 2011.

1. Talleres sobre nutrición e hidratación:

«Waterbar»: Se basaba en una cata de aguas (análisis sensorial), por parte de los niños, de forma voluntaria y aleatoria, en las pausas entre los partidos, cuyo fin era aprender a identificar los sabores básicos en la boca, fomentando el consumo de agua frente a otras bebidas refrescantes, no tan saludables en la práctica deportiva. Además de enseñarles conceptos básicos sobre la hidratación, se pretendía que entrenasen sus sentidos del gusto y el olfato, probando nuevos sabores basándonos en la distribución de las papilas gustativas en la lengua, y que descubriesen la riqueza del agua, así como su importancia en situaciones especiales (cambios climáticos y práctica deportiva). Para ilustrar las actividades se mostraba un tablón didáctico con las partes de la boca (*Fig. 1*), dispuestos en tres *stands* diferentes. Los niños degustaron muestras con soluciones: dulces (5,5 g azucar granulado/1 L agua = 1.000 g), saladas (1,2 g sal de cocina/1 L agua = 216 g) y ácidas (0,6 g acido cítrico/1 L agua = 108 g), cuestionándoles con posterioridad sobre el sabor básico que estaban probando, ratificando su acierto o error destapando un desplegable. Con ayuda de los nutricionistas voluntarios, los niños reflexionaban y reconocían con qué parte de la lengua diferenciaban los sabores. (*Foto 2*).

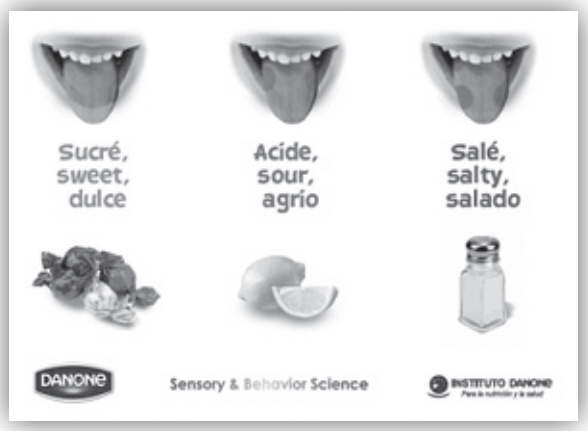


Figura1. Panel didáctico con la distribución de los sabores en el dorso de la lengua.

1.1 **Orígenes de las aguas:** Se mostraron paneles con aguas de diferentes orígenes geográficos y de distintos tipos (carbonatadas y no carbonatadas). Los niños probaron cinco tipos: tres de procedencia española (sin gas) y 2 de procedencia francesa (con gas). Nutricionistas voluntarios condujeron a los niños a reflexionar en torno a los sabores, tipos y niveles de carbonatación con sus orígenes. Se les cuestionaba sobre sus sensaciones bucales y de palatividad entre unas aguas y otras a la vez que sus gustos, informándoles de las diferentes propiedades de cada una. (*Fig. 2*).



Figura 2. Panel didáctico sobre el origen geográfico de las aguas.

1.2 **Aguas modificadas con productos naturales:** Se prepararon durante la ejecución del taller muestras de agua con diversos ingredientes naturales: naranja-canela, limón-menta, lima y limón, dispuestos en la mesa a la vista de los niños para su identificación y conocimiento. Elegían probar de un solo recipiente o de varios, y después discutían acerca de las que les parecían más apetecibles junto a las posibilidades de transformar el agua en un alimento placentero, sin contener azúcares facilitando y aumentando sus ingestas. Para cuantificar de forma objetiva la aceptación de los diferentes preparados, arrojaban el vaso en un contenedor que indicaba «me gusta» o «no me gusta», contabilizando al final del taller el número de vaso de cada contenedor. (*Fig. 3*).



Figura 3. Póster didáctico de la muestra de agua con ingredientes naturales.

1.3 **Póster sobre el grado de hidratación:** Este cartel didáctico trasladaba a la práctica lo explicado en los anteriores talleres. Con él, los niños podían valorar su nivel de hidratación de forma objetiva tanto durante la práctica deportiva como fuera de ella. Estaba ubicado en los servicios/*toilettes* del

polideportivo y del hotel del alojamiento, para la valoración antes o tras terminar la práctica de la competición de fútbol realizada ese día. Se mostraba cómo en función del color de la orina se puede saber si hay riesgo de deshidratación, de tal manera que a orinas más oscuras, mayor grado de deshidratación y peor estado de salud, ya que en esas circunstancias se podrían desencadenar diversas patologías, en función de cada niño, por eso aparecía el color rojo «peligro» acompañado de una cara triste, esto simbolizaba que debían beber agua, sugiriéndoles 2 vasos. (*Fig 4*).

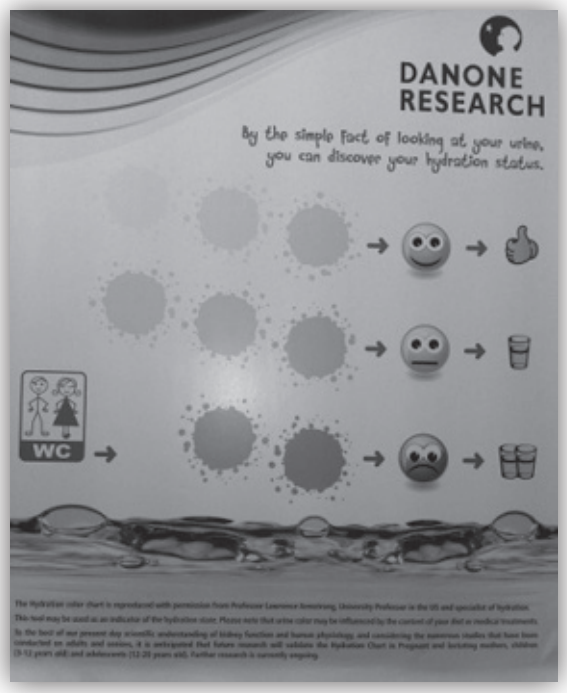


Figura 4. Fotografía del tablón didáctico para valorar del grado de hidratación durante la actividad física o la práctica deportiva.

Valoración del estudio

Para poder evaluar la repercusión cualitativa de las técnicas empleadas en el evento internacional e intercultural, se realizaron encuestas de nutrición a los niños antes y después del mismo, con el fin de conocer los conocimientos previos de los participantes, así como los adquiridos tras el campeonato, mediante cuestiones simples y básicas, para adaptarse al nivel cultural de todos ellos dado que procedían tanto de países desarrollados como subdesarrollados. También se formalizaron entrevistas a los «Projects Leader», adultos responsables de sus equipos, durante toda la ejecución del evento deportivo y a otros «adultos acompañantes» integrados por el país anfitrión. Por último, se llevaron a cabo «observaciones a distancia» del comportamiento y de la aceptación de las actividades, durante todo el evento, por 3 supervisoras voluntarias profesionales de la nutrición y la dietética.

Resultados

Taller Waterbar

La actividad fue gratamente aceptada por los niños, que la realizaron voluntariamente, resultando educativa a la vez que divertida. Encontramos ciertas dificultades durante el análisis de los datos recopilados, dado que los niños aportaban sus propias preferencias por la cultura y costumbres propias de su país,

a la vez que poseían distinta capacidad de comunicación para expresar los diferentes matices de los sabores catados. A menudo, acudían por equipos o varios de ellos al mismo tiempo, lo que entorpecía el registro de todas las observaciones, anotándose con posterioridad; aun así podemos afirmar que:

- La solución dulce fue la más aceptada.
- El sabor limón fue preferido al de menta y canela.
- La distinción entre el limón y la lima fue difícilmente apreciada y algunos no conocían lo que era una «lima natural» ni su sabor, pero sí sabían de su existencia por la publicidad en los medios de comunicación.
- El agua con naranja-canela era desconocido para la gran mayoría y un gran descubrimiento para ellos.
- Las soluciones carbonatadas fueron bien detectadas, con un sabor agradable que generaba una sonrisa en la mayoría y admiración en otros al ser la primera vez en su vida que la cataban.



Foto 1. Comedor del polideportivo.

A nivel puntual se expondrá un resumen sobre los resultados específicos por países participantes:

Los niños asiáticos se mostraron distantes durante su participación en el «Waterbar» y no fueron excesivamente motivados por sus Proyect Leader. En general no mostraron curiosidad por probar las diferentes muestras, aunque parecían disfrutar de la actividad. Para estos niños, la barrera del idioma supuso una gran dificultad en el aprendizaje.

Por el contrario, los niños hispano-parlantes parecieron ser los más emocionados, sobre todo porque les resultaba fácil adivinar los sabores y se sentían satisfechos, tras su ejecución se iban con la sensación de haber aprendido algo nuevo. En concreto los niños de Chile tuvieron una respuesta muy positiva en el taller y manifestaron que el agua con naranja-canela fue la que más les gustó. Lo mismo ocurrió con los niños uruguayos, que hablaron espontáneamente en las entrevistas acerca de los diferentes sabores y el lugar donde se reconocen en la boca. Algunos repetían para confirmar la diferencia. Disfrutaron de todas ellas, aunque eligieron el agua con limón y el agua con naranja-canela como preferidas. Al igual que los

chilenos se inclinaron por las aguas carbonatadas, los españoles, aunque conocían este tipo de agua, no la incluían entre sus preferidas (*Foto 2*).

Los niños anglosajones poseían bastantes conocimientos en torno a la salud y la nutrición, su comportamiento era educado y serio durante las actividades, escuchando con atención a los voluntarios. Para ellos, encontrar la respuesta correcta era más significativo que la degustación con placer o el descubrimiento de sabores nuevos.

Los participantes argelinos mostraron una fuerte preferencia por el agua con azúcar y demandaban más cantidad, incluso para quitar el gusto de la boca de otros sabores durante la cata. Este comportamiento es consecuencia del diferente sabor del agua de su país de origen, su Project leader declara que en Argelia las botellas de agua embotellada disponibles tienen una cantidad de azúcares muy elevada. Los niños reían y disfrutaban cuando no les gustaba algún sabor, porque ponían caras divertidas, eran los más expresivos mímicamente de todos, además jugaban entre ellos a intentar adivinar las respuestas correctas y se corregían unos a otros buscando continuamente la aprobación de los adultos ante sus contestaciones. De las muestras con sabores naturales, el naranja-canela fue también su sabor favorito.

Los niños alemanes, a diferencia de los demás, no bebían un pequeño sorbo para empezar sino que daban un gran trago, tras el cual no hacían ninguna mueca considerable, por lo que no podemos deducir cuál fue su opinión al respecto, su expresión corporal y verbal fue mínima aunque se les invitara a contestar.



Foto 2. Taller del Waterbar.

Hidratación en el deporte

El mensaje transmitido en referencia a la hidratación fue captado satisfactoriamente. La mayoría de los niños se concienciaron acerca de la importancia de beber agua, sobre todo antes, durante y tras la práctica deportiva. Prueba de ello fue el cambio de hábitos de algunos de ellos, que expresaron cómo en sus países acompañaban las comidas con zumo u otras bebidas refrescantes; sin embargo, tras asistir

a los talleres cambiaron su actitud en los días del evento, consumiendo agua en todas las comidas y a lo largo del día, ayudados por la continua presencia de botellas de agua y del empeño de algunos entrenadores con sus jugadores para que incrementaran su rendimiento al conseguir una buena hidratación. (*Foto 1*).

En las entrevistas, algunos niños revelaban haber bebido mucha más cantidad de agua de la habitual, justificando que esta les proporcionaba una mejor condición física y mental en el fútbol. Por lo tanto, sí hubo influencia en la captación de este mensaje, del incremento de ingestas de agua y su valoración mediante su autochequeo con la ayuda de los tablones didácticos sitos en los baños y en las áreas comunes, promoviendo que los niños evaluasen, de una manera sencilla, la necesidad de beber agua aún sin sentir la sensación de sed.

Convivencia y placer por los alimentos

En las comidas y cenas se creó un ambiente de reflexión y convivencia entre grupos de niños de distinto origen, compartiendo experiencias y disfrutando de momentos agradables en torno a los alimentos. Se respiraba en el ambiente por las situaciones observadas que los niños comprendieron el mensaje de que «comer y beber debe ser una experiencia positiva a la par que divertida» (*Foto 1*).

Discusión

Siendo el bienestar físico, mental y social de las nuevas generaciones un concepto que debe cultivarse desde edades tempranas, es necesario fomentar en los niños hábitos alimentarios y estilos de vida saludables, incluyendo actividades de educación nutricional en eventos deportivos, como la DNC, aumentándoles su interés por temáticas tan importantes como la correcta hidratación, la estimulación temprana del gusto, la práctica deportiva, en este caso de fútbol, a la vez que la convivencia grupal y de globalización.

El agua es considerada un alimento, que debe ser consumida de una fuente segura y en cantidades suficientes para la correcta regulación de las funciones vitales del organismo (Pasquier, 2010), haciendo especial hincapié en este concepto al comprobar que los niños mal hidratados son más susceptibles a las enfermedades, a la vez que pueden presentar problemas de concentración, pasividad, falta de motivación y poco interés en las actividades.

Nuestro mayor interés con respecto al agua era educar y concienciar a los jugadores infanto-juveniles acerca de la importancia de la hidratación en el rendimiento deportivo, para evitar procesos de deshidratación durante la competición, siendo habitual que se ingiera solo cuando se tiene sensación de sed que es ya un síntoma de deshidratación, por ello y para evitarlo se debe ingerir de manera voluntaria la cantidad de agua que se pierde, detectándolo por el color de la orina que es un test visual que ayuda a controlar el nivel de hidratación en ese momento.

El volumen y la frecuencia de la ingesta de la bebida, durante y tras la realización de ejercicio está influenciada por la temperatura, sabor, aroma y apariencia de la misma, siendo las bebidas frías (8-12 °C) aquellas que se consumen en mayor cantidad (Shi *et al.*, 2000).

Durante el evento, los niños bebieron *ad libitum* (a voluntad) e incluso fueron estimulados e incitados a hacerlo por parte de sus entrenadores entregándoles botellas de agua refrigeradas, durante la práctica deportiva y en las charlas de concentración. Está demostrado que los atletas, niños y adultos, cuando realizan actividad física, no reemplazan todo el líquido perdido por sudoración; por ello, debemos ser rigurosos tanto en los entrenamientos como en la competición para evitar los posibles efectos negativos de una deshidratación como son las lesiones musculares y ligamentosas. (Barbero 2006).

La monitorización del peso corporal es un procedimiento simple, válido y no invasivo que permite detectar variaciones en la hidratación mediante el cálculo de la diferencia en la masa corporal, antes y después del ejercicio (Barbero, 2006). Saber este dato antes y después de la competición reflejaría la pérdida o mantenimiento del peso, en correlación con la pérdida de agua durante ese periodo de tiempo. Sin embargo, este procedimiento sería difícil de llevar a cabo en todos los niños, dada la diferencia cultural de algunos países como por ejemplo Canadá, en el que los niños, por vergüenza a desnudarse en parte o por sentir invadida su intimidad, no se someterían a ese control, dato chocante dado el nivel de desarrollo cultural de ese país y no mostrando ninguna importancia por parte de otros países de diferente desarrollo y cultura.

Hacer de la alimentación una costumbre familiar gratificante es muy conveniente ya que es una oportunidad de compartir, promoviendo la conversación de temas que favorezcan un ambiente agradable durante las comidas (Pasquier, 2010) y ayudando a que los niños abran su paladar a nuevos sabores degustados sin temor porque se efectúan en compañía.

Las dificultades expuestas en la valoración de las observaciones (en los sabores del «Waterbar») así como las barreras surgidas en la aplicación de las herramientas (traducción de los contenidos de los talleres a todos los idiomas) serán tenidas en cuenta en el diseño de las próximas ediciones de la DNC para mejorar la consecución de los objetivos preliminares.

Conclusiones

Las actividades de nutrición desarrolladas en la final mundial de fútbol de la DNC 2011, y específicamente en el taller «cata de aguas» o «Waterbar», así como los sistemas de valoración de la hidratación, durante la práctica deportiva, mediante panales didácticos diseñados al respeto, fueron bien aceptados por los niños participantes. La gran mayoría mostraron signos de aprendizaje con un cambio de actitudes en torno al agua y los alimentos en general junto con el juego y el deporte permitiendo que los niños abrieran su curiosidad al gusto en general, así como a una nueva manera de generar bebidas que facilitan una correcta hidratación y los beneficios de la misma, consiguiendo su objetivo principal, ser educativo y divertido para los niños, cuyas preferencias dependerán del grupo cultural y de desarrollo en el que se encuentran.

Los niños mostraron curiosidad y disfrutaron descubriendo las materias primas y los orígenes de las muestras que probaron. A menudo parecía que disfrutar del sabor era secundario, siendo más importante para ellos adivinar qué estaban probando. Teniendo en cuenta esta retroalimentación positiva, el concepto «Waterbar», como una actividad de descubrimiento del gusto, se debería de utilizar en futuros acontecimientos deportivos.

Nos sentimos alentados por el éxito detectado en las actividades, y por la forma en que los niños estuvieron motivados a participar, siendo algo diferente y complementario a la clasificación del campeonato y que se debería de incluir en todos los eventos deportivos infanto-juveniles.

En general, los resultados sugieren que tanto el Instituto Danone como otros estamentos deberían de seguir usando el gusto y el placer como vectores para programas futuros de educación nutricional en todos los ámbitos deportivos y culturales y mantener el reto de saber combinar los alimentos favoritos y el placer con una dieta bien equilibrada, para obtener un estilo de vida saludable.

Agradecimientos: Al diseño y desarrollo de la orientación educativa y los materiales por el Instituto Danone International y el Instituto Danone España. A los voluntarios diplomados en Nutrición Humana y Dietética de la Universidad Complutense de Madrid y de la Universidad Alfonso X de Madrid. A Danone y al equipo de la DNC por la organización del evento celebrado en Madrid el 7 y 8 de octubre de 2011.

Bibliografía

Aranceta, J. (2012). *La hidratación en el trabajo*. Madrid. Coca Cola España. p. 18-19.

Arratibel, I. (2012). *Comer, correr. Guía de alimentación para la salud y el entrenamiento,* Madrid, Axón, p. 5-12.

Barbany, J. (2012). *Alimentación para el deporte y la salud*. Madrid. Ed Axon. 215-225.

Barbero JC. (2006). Deshidratación y reposición hídrica en jugadores de fútbol sala: Efectos de un programa de intervención sobre la pérdida de líquidos durante la competición. *European Journal of Human Movement*, 17, 97-110.

Calvo, S. (2012). *Patologías nutricionales del siglo xxi: Un problema de salud pública.* Madrid. Ed. Axón. P. 458.

González Montero de Espinosa, M. Marrodán M.D. (2003). *Crecimiento y dieta/Hábitos de los jóvenes españoles*. Madrid. Fundación Santamaría. SM, 1-155.

López, MC. (2010). La educación nutricional como instrumento de prevención de la enfermedad y prevención de la salud: nuevos planteamientos. *Alimentación, nutrición y salud (ANS)*. Vol. 17, N.º 2, pp. 55-60.

Martin, BV. (2002). Trastornos de la conducta alimentaria en escolares y adolescentes. *Revista Chilena de Nutrición*, 29, (2): 55-77.

Pasquier, L. (2010). *Guía para una alimentación nutritiva y saludable del escolar*. Nicaragua, 14-16.

Ruiz, J. (2002). Hidratación y rendimiento: pautas para una elusión efectiva de la deshidratación por ejercicio. *Educación física y deporte*, 70, 26-33.

Rolfes, S. (2011). Necesidades de energía y nutrientes. *En: Tratado General de la nutrición.* Madrid. Ed. Paidotribo, 16, pp. 682-688.

Whitney, E. (2011). Líquidos y electrolitos para mantener la actividad. En: *Tratado General de la nutrición.* Madrid. Ed. Paidotribo, 14, pp. 602-14.

Nota: Las fotografías y los esquemas aportados corresponden a los autores del trabajo.

El huerto escolar: un enfoque transversal y multidisciplinar para desarrollar competencias

José Cantó Doménech[*]*, Amparo Hurtado Soler, Valentín Gavidia Catalán*

*jocando@uv.es

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Facultad de Magisterio Universidad de Valencia, Avda. Tarongers, 4, 46022 Valencia.

Palabras clave: Huerto escolar, transversalidad, competencias, innovación educativa.

Key words: School garden, transversality, competences, educational innovation.

Resumen

El huerto escolar ha sido un recurso didáctico ampliamente utilizado en nuestro sistema educativo para tratar distintos contenidos propios del currículo, tanto de Infantil como de Primaria y Secundaria, convirtiéndose en una poderosa y eficaz herramienta para la enseñanza de las ciencias que engloba contenidos curriculares de distintas áreas (Ciencias de la Naturaleza, Tecnología, Ciencias Sociales…), sobre todo en el ámbito de la Educación Ambiental. En esta comunicación pretendemos mostrar cómo el huerto escolar puede ser útil para la adquisición de competencias (básicas, personales, profesionales, sociales…), a la vez que su capacidad de transversalidad nos permite tratar distintos contenidos que aparecen en las materias que conforman el currículo, de una manera multidisciplinar.

Abstract

The school garden has been a teaching resource used widely in our education system to treat a proprietary content of the curriculum of Primary and Secondary School in the last years. It becomes a powerful and effective tool for science education that includes different areas (Natural Sciences, Technology, Social Sciences …) especially in the field of Environmental Education. In this paper we intend to show how the school garden can be useful for the acquisition of «competences» (basic, personal, professional, social …), while mainstreaming capacity allows us to treat other content appearing on the subjects of the curriculum, in a multidisciplinary way.

1. INTRODUCCIÓN

El huerto escolar es una potente fuente de innovación didáctica para la enseñanza de los jóvenes en ciencias, tecnología y sostenibilidad ambiental ampliamente utilizado en nuestro sistema educativo[1,2,3,4]. Es de destacar su utilidad para tratar contenidos propios de las materias que aparecen en los currículos que desarrollan la Educación Infantil, Primaria, Secundaria Obligatoria, Bachillerato[5,6] y Ciclos Formativos, por lo que se ha convertido en una eficaz herramienta para la enseñanza desde un punto de vista globalizador (Ciencias de la Naturaleza, Tecnología…) sobre todo en el ámbito de la Educación Ambiental (EA)[7,8].

Además, proporciona un marco idóneo para tratar temas transversales[9] tales como la alimentación, la salud, el consumo responsable, el reciclaje, el comercio justo, el medio ambiente, la tradición literaria oral y escrita, las habilidades artísticas y sociales, las interrelaciones personales, la cultura agraria sostenible, el medio cultural, la vertebración del territorio, etc., constituyendo un auténtico laboratorio donde llevar a cabo experiencias educativas en las que están presentes tanto el trabajo científico[10], como el estudio de la naturaleza y nuestra responsabilidad en los desequilibrios que en ella se producen.

2. LA EDUCACIÓN AMBIENTAL Y EL HUERTO ESCOLAR EN LA LEGISLACIÓN EDUCATIVA

La Educación Ambiental ha estado presente en las distintas reformas educativas que se han sucedido desde los años noventa del siglo pasado. Si hacemos un breve repaso por las tres leyes que han gobernado la educación en nuestro país desde esas fechas, podemos encontrar que:

- En la LOGSE de 1990, la EA está presente como materia transversal en todos los niveles y en todas las áreas de conocimiento.
- En la LOCE de 2002, desaparece la transversalidad y la EA aparece en los contenidos concretos.
- En la LOE de 2006, aparece la Educación en valores (que hace el papel de temas transversales) y se introducen las llamadas competencias básicas.

Vemos que, con la entrada en vigor en el año 2006 de la actual Ley Orgánica de la Educación (LOE) se incorporan las competencias básicas al currículo escolar desapareciendo el término transversal del texto legal. Pero, a nuestro entender, el tratamiento de la transversalidad ha mejorado ya que la idea no solo permanece, sino que se desarrolla a lo largo de las distintas asignaturas, quedando definitivamente

---

[1] CANTERO, J. M. y GUTIÉRREZ, J. M. (1995). Vamos a Hacer un Huerto. *Manual práctico para el huerto escolar ecológico.* Bilbao. Fhersal.

[2] CEIDA (Centro de Educación e Investigación Didáctica Ambiental) (1998). *Huerto Escolar.* Bilbao: Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

[3] FAO (2006). *Crear y manejar un huerto escolar: un manual para profesores, padres y comunidades.* Roma.

[4] ESCUTIA, M. (2009). *El huerto escolar ecológico*. Ed. Grao.

[5] ROSO, M. (2010). Investigación en enseñanza secundaria: los jóvenes investigadores. *Tejuelo*, 99, pp 100-120.

[6] RAMOS, J.M.; RODRÍGUEZ, A.; ARMAS, M.N. (2000). *Proyecto educativo huerto escolar.* Servicio de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canarias.

[7] ORELLANA, E. (2011). El huerto escolar como eje para el fomento de la educación ambiental. Revista *Digital de Innovación y Experiencias Educativas*, 39.

[8] ESPINOSA, J.M. (2010). Elaboración de un huerto ecológico: inicio a la educación ambiental. *Revista Digital Transversalidad Educativa*, 30, 70-83.

[9] GAVIDIA, V. (2001). La transversalidad y la escuela promotora de salud. *Rev. Esp. Salud Pública*, 75, 505-516.

[10] HURTADO, A.; LANZARA, M.; CANTÓ, J. (2012). *El Huerto escolar: un modelo de innovación didáctica para la enseñanza de los jóvenes en tecnología de la sostenibilidad ambiental (material inédito)*.

integrada en el currículo mediante las competencias básicas que eliminan la dicotomía entre transversalidad y currículo. Esta visión globalizadora permite tratar ambas de manera conjunta, potenciándose mutuamente.

3. Las competencias básicas y el huerto escolar

De las muchas definiciones existentes del término competencia, podemos tomar la de Lasnier[11] que dice que: «Una competencia es un saber hacer complejo, resultado de la integración, movilización y adecuación de capacidades, habilidades (pueden ser de orden cognitivo, afectivo, psicomotor o social) y de conocimientos (conocimientos declarativos) utilizados eficazmente en situaciones que tengan un carácter común (situaciones similares, no generalizable a cualquier situación)».

La vigente LOE incorpora las llamadas «competencias básicas» y no lo hace como definición de un concepto, sino que obliga a un cambio en los métodos de enseñanza y aprendizaje. Así se pasa, entre otros aspectos, del «saber» al «saber hacer», de «aprender» a «aprender a aprender». Todo ello para conseguir que una vez se haya superado el período de enseñanza obligatoria, se asegure la adquisición de una serie de competencias que permitan a los estudiantes incorporarse a la vida adulta y al mercado laboral de manera satisfactoria.

Por lo tanto, podemos entender que las competencias básicas son aquellas que debe haber desarrollado un joven o una joven al finalizar la enseñanza obligatoria para poder lograr su realización personal, ejercer la ciudadanía activa, incorporarse a la vida adulta de manera satisfactoria y ser capaz de desarrollar un aprendizaje permanente a lo largo de la vida.

De este modo, el currículo de las áreas o materias de las diferentes etapas educativas obligatorias se ha diseñado y planificado de manera que cada una contribuya, de una manera u otra, al desarrollo y adquisición de las siguientes ocho competencias básicas:

- C1: Competencia en comunicación lingüística.
- C2: Competencia matemática.
- C3: Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico.
- C4: Tratamiento de la información y competencia digital.
- C5: Competencia social y ciudadana.
- C6: Competencia cultural y artística.
- C7: Competencia para aprender a aprender.
- C8: Autonomía e iniciativa personal.

Dentro de las finalidades intrínsecas de estas competencias básicas podríamos indicar tres fundamentales: integrar distintos aprendizajes, ponerlos en relación con distintos tipos de contenido y utilizarlos de manera efectiva. Así, cuando se evalúan las competencias básicas se intenta averiguar si el alumno o alumna puede aplicar los conocimientos adquiridos a tareas y retos cotidianos y a los entornos extraescolares, previa valoración de distintas opciones y toma de decisiones. Ello obliga a los docentes a generar sinergias entre «teoría» y «práctica» si queremos crear un alumnado «competente».

En este ámbito, el huerto escolar es una actividad didáctica que puede colaborar a la adquisición de estas competencias (ver *Tabla 1*) de manera gradual en cada etapa educativa, siendo, a su vez, un marco idóneo para tratar otros temas transversales tal y como se ha comentado en el apartado anterior ya que contribuye, por una parte, a que los escolares (y los maestros) desarrollen capacidades de aprendizaje que

[11] Lasnier, F. (2000). *Reússir la formation par compétence*s, Montreal, Guérin Ed.

estén fundamentadas sobre estructuras de conocimiento sólidas, y por otra, ofrece un amplio abanico de aptitudes que incluyen, entre otras muchas, la capacidad para el esfuerzo y la superación personal, la obligación de interpretar y adaptar información, trabajar en equipo, potenciar la iniciativa personal, resolver situaciones inesperadas, convivir en grupo y resolver los conflictos de manera adecuada, etc.

Todas las características anteriores están presentes en cualquier actividad humana habitual, pero, sin embargo, no se tiene demasiado en cuenta en los contenidos formales y curriculares de la educación. Por esta razón, la formación del alumnado en competencias obliga a las autoridades educativas y a los docentes a rediseñar el catálogo de contenidos educativos para incorporar al mismo nivel de importancia los contenidos formales de cada materia con otras capacidades y habilidades sin las cuales es imposible alcanzar una determinada competencia.

De esta manera, el huerto escolar representa una acción educativa que une elementos naturales y culturales, organizado según unas normas, y contribuye a la adquisición de las competencias básicas, ya que están presentes aspectos transversales como la creatividad, la capacidad de trabajo, el uso de estrategias para gestionar una tarea compleja y el trabajo en equipo, aportando al sistema educativo la experiencia y madurez para afrontar nuevas situaciones y resolver problemas.

Competencia	Cómo el huerto escolar puede colaborar a su adquisición
C1	Mediante la práctica de las habilidades lingüísticas (escuchar, conversar, leer o escribir), utilizando tanto la lengua oral (por ejemplo, dar instrucciones precisas para realizar tareas propias del huerto) como escrita (realización de un cuaderno de campo, lectura de instrucciones de siembra…).
C2	Utilizando los números y sus operaciones en distintas fases del huerto: diseño (cálculo de áreas, superficies…), construcción (gasto de materiales, canalizaciones…) y explotación (consumo de agua, rentabilidad económica, registro diario de distintas variables físicas…).
C3	Potenciando el conocimiento y respeto por el entorno, así como la puesta en marcha de medidas que favorezcan su defensa (consumo racional del agua, tratamiento de residuos), fomentando así el uso responsable de los recursos naturales, el respeto y cuidado del medioambiente.
C4	Utilizando las TIC para, por ejemplo, buscar información en la red relativa al cuidado del huerto y a las características de los productos. También en cursos superiores se pueden utilizar herramientas digitales para el procesamiento de datos (humedad, temperatura…). Por otra parte, se pueden utilizar herramientas ofimáticas como procesadores de textos.
C5	Al ser el huerto una actividad necesariamente grupal, se trabaja esta competencia al tener que trabajar cooperativamente y compartiendo no solo un espacio, sino también instrumentos y materiales.
C6	Potenciando la creatividad y la expresión plástica del alumnado. El huerto escolar puede ser el destinatario de distintas actividades que trabajan esta competencia: talleres, cartelería…
C7	La puesta en marcha de un huerto escolar constituye un escenario privilegiado para el fomento y desarrollo de estrategias de aprendizaje autónomas. Así, durante las tareas usuales en el huerto escolar (siembra, riego, etc.) van a tener multitud de ocasiones en las que nuestro alumnado habrá de aprender a obtener y organizar información.
C8	La naturaleza intrínseca del huerto escolar ecológico exige un establecimiento de objetivos mediante una planificación muy concreta en un cronograma marcado por las plantas. Ello obliga a desarrollar la capacidad de toma de decisiones con criterio, así como la aceptación de responsabilidades y a la evaluación de los resultados, para detectar errores y proponer las mejoras correspondientes.

Tabla I. Contribución del huerto escolar al desarrollo de las diferentes competencias básicas.

Las competencias básicas se deben adquirir gradualmente a través de las distintas materias (o áreas) en las que se organiza la enseñanza obligatoria (primaria y secundaria); por tanto, el huerto escolar debe ser considerado no solo como una actividad que ayuda a dicha adquisición sino que, además, tiene mucha potenciabilidad para tratar de manera práctica muchos contenidos formales de distintas áreas curriculares, no solo del de Ciencias de la Naturaleza. A modo de ejemplo podríamos nombrar las siguientes:

- **Área de Ciencias Sociales, Geografía e Historia:** Concepto de paisaje rural, consecuencias de los cambios debidos a la acción del ser humano, interrelaciones entre la sociedad urbana y rural, formas de vida, manifestaciones culturales, folclóricas y literarias…
- **Área de Educación Física:** Realización de actividades al aire libre, planificación y realización de salidas extraescolares, elaboración de dietas adaptadas al tipo de actividad física…
- **Área de Educación Plástica y Visual:** Trabajo directo con distintas texturas, colores y formas, construcción de objetos destinados al huerto (semilleros, sistemas de riego, etiquetas, etc.), realización de trabajos plásticos (cuadernos, carteles, campañas, collage…), utilización de elementos naturales (piel, semillas, hojas…) en trabajos, trabajos de fotografía y vídeo y uso de las TIC para observar las transformaciones que se producen en el huerto…
- **Área de Lengua y Literatura (Castellana y Cooficial si existiera) y Lengua Extranjera:** Búsqueda, recopilación y estudio de manifestaciones literarias sobre temática afín al huerto, tales como relatos, leyendas, mitos, refranes, adivinanzas, dichos populares, obras literarias, recopilación de vocabularios específicos, realización de redacciones, descripciones…
- **Área de Matemáticas**: Realización de medidas, gráficas, estadísticas y planos, trabajo práctico de conceptos geométricos (longitudes, superficies, volúmenes), cálculo económico (presupuestos, ingresos, gastos, beneficios, costes…). Uso de relaciones funcionales de variables típicas del huerto (superficie regada, tiempo de riego, horas de insolación, altura del Sol…).
- **Área de Música**: Búsqueda, recopilación y estudio de manifestaciones musicales sobre temática afín al huerto, tales como canciones populares de tema rural, instrumentos musicales…
- **Área de Tecnología**: Estudio de los instrumentos propios del huerto y de su evolución temporal desde el punto de vista tecnológico, diseño y construcción de las herramientas del huerto, de las conducciones de riego, de los anclajes, uso de dispositivos científicos para realizar medidas de parámetros a estudio (temperatura, humedad…).

Por tanto, como se ha expuesto, mediante el trabajo en el huerto escolar se desarrollan muchas capacidades (competencias) en el alumnado independientemente de la etapa educativa en la que se encuentre, siendo una herramienta transversal y multidisciplinar. Pero además el huerto escolar no es una actividad restringida a una determinada etapa educativa, sino que puede ser llevada a cabo como una actividad de Centro, que contribuye a alcanzar todos los objetivos que el legislador propone para cada uno de los distintos estudios que conforman la educación no universitaria en España: Infantil[12], Primaria[13], Secundaria[14] y Bachillerato[15].

[12] REAL DECRETO 1630/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas del segundo ciclo de Educación infantil. *BOE número 4, del 4 de enero de 2007*, p. 474.

[13] REAL DECRETO 1513/2006, de 7 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. *BOE número 293, del 8 de diciembre de 2006*, p. 43054.

[14] REAL DECRETO 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. *BOE número 5, del 5 de enero de 2007*, p. 679.

[15] REAL DECRETO 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas. *BOE número 266, del 6 de noviembre de 2007*, p. 45382.

Para alcanzar tales objetivos, el huerto debe adaptarse de forma progresiva a los contenidos y prácticas del currículo correspondiente «evolucionando» conjuntamente con el alumnado y respondiendo a sus necesidades conforme se incrementa el nivel educativo y su aprendizaje. Por este motivo, es imprescindible que el huerto se integre dentro del centro y que el profesorado adquiera un compromiso real a la hora de llevar a buen término todo el proceso y obtener el mayor rendimiento posible de un recurso tan versátil.

El profesorado es el responsable de seleccionar los contenidos a trabajar y deberá planificarlos conjuntamente con la materia impartida en clase. De esta forma, las actividades desarrolladas en el huerto quedarán integradas en el contexto de las asignaturas requiriendo de momentos e instrumentos de evaluación y de una correcta programación de las tareas.

Con el fin de abordar correctamente el proyecto del huerto y aprovechar al máximo todas sus potencialidades, debemos tener presente una serie de aspectos:

- El espacio destinado al huerto escolar debe ser el suficiente para albergar zonas diferenciadas que serán utilizadas por los alumnos y profesores de todos los niveles educativos del Centro. Cada zona requerirá de unas condiciones y diseño específico: por ejemplo, una zona de investigación para el desarrollo de proyectos científicos, tecnológicos y de ciudadanía[16], otra zona para el desarrollo de actividades de exploración, zona de laboratorio al aire libre… Se tendrán en cuenta en esta parte los requerimientos materiales y humanos para el mantenimiento del huerto (utensilios, infraestructuras, mantenimiento de cultivos e instalaciones…).
- La capacitación del maestro para el desarrollo de actividades de innovación educativa y el establecimiento de equipos de trabajo multidisciplinares. Los profesores trabajarán de manera cooperativa integrando las diferentes disciplinas y niveles educativos con el objetivo final de desarrollar las competencias curriculares básicas y específicas en el alumnado al finalizar el ciclo. Esta fase es la que requiere de un mayor grado de organización y compromiso por parte del profesorado del centro.
- Integración de las actividades del huerto escolar en el currículum. En la programación docente se deberán contemplar las actividades desarrolladas en el huerto y relacionarlas con los conceptos de las mismas. Para ello, cada actividad a realizar en el huerto deberá trabajarse previamente en clase en el contexto de la materia a la que corresponda. Posteriormente a la realización de la actividad, deberán trabajarse aspectos de reflexión y la evaluación para comprobar la eficacia del recurso en la adquisición de conocimientos, destrezas y actitudes por parte del alumno.

Con esta base del huerto escolar, la innovación educativa va más allá y se transforma en un laboratorio vivo en el que los alumnos profundizan en el conocimiento a través de experiencias científicas y tecnológicas que les preparan y fortalecen su autonomía para abordar en el futuro retos y problemas en los que poner en práctica los conocimientos aprendidos en el aula formando ciudadanos y futuros profesionales críticos y solventes. La construcción y recreación de instrumentación científica con un nivel de complejidad creciente con el nivel educativo fortalece la adquisición de los fundamentos de ciencias y matemáticas y la comprensión de la evolución del pensamiento y el conocimiento humano a través del desarrollo y aplicación de las técnicas de investigación y del método científico. El huerto se relaciona con la tecnología, el medio natural y humano, la salud y la cultura estableciendo flujos de conexión entre las disciplinas que permiten abordar la complejidad de los sistemas naturales y antrópicos y todas sus implicaciones desde un nivel local a un nivel planetario (glocalidad: global y local simultáneamente).

Los beneficios de este enfoque globalizado, interactivo y evolutivo del huerto escolar son innumerables, destacando entre ellos: el fomento de la convivencia y respeto en la comunidad escolar en la que los

[16] LA CUEVA, A. (1998). La enseñanza por proyectos, ¿mito o reto? Revista Iberoamericana de educación n.º 16. Monográfico: Educación ambiental y formación proyectos y experiencias. Biblioteca Virtual OEI.

protagonistas son los alumnos; la transformación de los alumnos y alumnas en sujetos activos con inquietudes y curiosidad; la transversalidad de las materias que trata, así como la adquisición de destrezas de comunicación oral y escrita y la aplicación de las TIC; y la adquisición de habilidades y estrategias científicas y tecnológicas familiarizándose con procedimientos y uso de instrumentos que permiten la aplicación de los conocimientos adquiridos en el aula en situaciones reales fomentando la capacidad de decisión y una actitud crítica responsable.

Experiencia Piloto del Huerto Escolar de la Facultad de Magisterio de la Universitat de Valencia

A lo largo del curso académico 2011-2012 se ha llevado a cabo una experiencia de implementación del Huerto Escolar en la Facultad de Magisterio de la Universitat de Valencia en la que han participado tres grupos de tercer curso del Grado de Maestro de Primaria, dos de ellos en el marco de la asignatura de *Diseño de Materiales Educativos* del *Itinerio de Especialista en Tecnologías de la Información y la Comunicación* (61 alumnos) y el tercero en la asignatura *Propuestas Didácticas en Ciencias y Matemáticas* del *Itinerario de Especialista en Ciencias y Matemáticas* (21 alumnos).

El Huerto Escolar se ubica en una parcela agraria próxima a la Facultad que dispone del espacio suficiente (2.400 m^2) y de los recursos materiales y humanos necesarios para albergar cuatro zonas diferenciadas: huerto escolar (actividades dirigidas por el profesor y relacionadas con los contenidos curriculares de las asignaturas), huerto de investigación (desarrollo de trabajos por proyectos), huerto tecnológico (orientado al conocimiento de las actividades profesionales relacionadas con la tecnología agroalimentaria) y huerto familiar (formación en valores y ciudadanía).

El objetivo de esta experiencia piloto en la que han participado los alumnos ha sido analizar las potencialidades del huerto en la adquisición de las competencias básicas de los alumnos de primaria y diseñar materiales educativos utilizando recursos TIC.

La metodología utilizada en el estudio, apoyada en una enseñanza que orienta el aprendizaje como una inmersión en la cultura científica, en la que el trabajo colectivo juega un relevante papel, se basa en tres fases relacionadas entre sí[17]:

a) Primera fase: preparación de la visita al huerto.

   Se llevó a cabo en el aula mediante una reflexión personal y colectiva del alumnado sobre el papel de las actividades que se iban a realizar en el huerto, analizando su utilidad tanto en lo referente a la propia asignatura como para su futuro profesional y viendo cuáles son sus expectativas ante la misma. Se trabajó a partir de un cuaderno de actividades propuesto por los profesores de la asignatura que se amplió con las mejoras propuestas por los alumnos.

b) Segunda fase: realización de la visita al huerto

   La visita se realizó en varias sesiones de mañana y tarde de dos horas de duración, dividiendo a los estudiantes en cuatro grupos de 7-9 personas guiados por profesores de Magisterio. Las actividades fueron diseñadas por el conjunto de profesores y relacionadas con los contenidos y objetivos de la asignatura. Se organizaron cuatro tipos de actividades: labores del huerto y plantación, reconocimiento de frutales, reconocimiento de hortalizas y diseño y organización de la parcela. Durante la visita se reflexionó sobre los problemas generados por los contaminantes de origen agrícola: fitosanitarios y fertilizantes, los residuos, la seguridad alimentaria y los flujos agroecológicos entre la ciudad y la huer-

[17] Cantó, J., Hurtado, A., Vilches, A. (2012). El trabajo fuera del aula como instrumento en la formación del profesorado para la sostenibilidad. VII Seminario Ibérico / III Seminario Iberoamericano CTS en la enseñanza de las Ciencias. OEI

ta, todo ello dirigido a potenciar la concienciación ciudadana en sostenibilidad agroambiental. Por otra parte, los alumnos realizaron fotografías, grabaciones y vídeos para posteriormente en clase confeccionar materiales educativos multimedia.

c) Tercera fase: después de la visita del huerto.

Se realizó una reflexión en el aula, en primer lugar de manera individual y, posteriormente, de forma colectiva sobre el conjunto de la actividad realizada, su evaluación y su aprovechamiento tanto desde un punto de vista profesional (como estudiantes, docentes en activo, futuros profesores…) como personal, en cuanto a una mejora de su alfabetización científica. Los alumnos de la asignatura Propuestas Didácticas en Ciencias y Matemáticas utilizaron los materiales y notas recogidas durante la visita para incorporarlo al Proyecto de la asignatura mediante una Propuesta Didáctica basada en el Huerto Escolar dirigido a los alumnos de Primaria, con actividades en el aula, en el laboratorio y en el Huerto dentro del contexto de las Áreas de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural y Matemáticas. Los alumnos de Diseño de Materiales Educativos elaboraron juegos y actividades didácticas utilizando programas de autor: JClic, Hot Potatoes, cmapstool… y audiovisuales educativos.

Para la realización de la primera y última fase, se utilizaron cuestionarios con preguntas abiertas para facilitar la reflexión personal y la implicación del alumnado.

Los resultados obtenidos en esta primera fase muestran una evaluación muy positiva destacando el carácter multidisciplinar y trasversal del huerto. En la puesta en común realizada en clase se puso de manifiesto la utilidad del huerto como recurso para el desarrollo de las competencias básicas del currículo de primaria y se debatió sobre las actividades que se pueden diseñar para obtener el máximo provecho del recurso recogiéndose múltiples ideas, algunas de ellas muy innovadoras. La mayor puntación en cuanto al grado de utilidad del huerto en el desarrollo de las competencias básicas se obtuvo para C3 y C4 y la menor para C2, al resto de competencias se otorgaron puntaciones intermedias. Estos resultados ponen de manifiesto que el uso habitual del huerto se ha basado en el desarrollo de competencias en área de conocimiento del medio físico, infravalorando sus potencialidades para el desarrollo del resto de competencias básicas del currículum y del fomento de la interdisciplinariedad.

Finalmente, las mejoras propuestas por los estudiantes se dirigen hacia el interés de realizar varias sesiones a lo largo del curso con el fin de participar activamente en el desarrollo de las actividades y materiales didácticos basados en el huerto para su incorporación en las programaciones didácticas presentadas en las asignaturas.

En esa línea y con el fin de aportar mejoras de innovación docente utilizando el huerto como base para el desarrollo de las competencias específicas de todas las áreas de conocimiento, se está coordinando un Proyecto de Innovación Educativa en la Universidad de Valencia denominado «L'Hort 2.0» que pretende crear un entorno virtual basado en el huerto para la administración y alojamiento de contenidos TIC que contribuyan a la investigación de técnicas y metodologías que apoyen el desarrollo de las competencias básicas en los grados de Maestro de Primaria, Maestro de Infantil, Geografía y Medio Ambiente y Ciencias Ambientales. Estos materiales diseñados en el marco de la formación universitaria se adaptarán posteriormente a los niveles educativos de Infantil, Primaria, Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato y Ciclos Formativos mediante la colaboración de docentes de los centros a través del Prácticum y la dirección de TFM del Máster de Educación Secundaria.

4. Conclusión

El huerto escolar puede ser una actividad de Centro, que abarque todas las etapas educativas, que trabaje transversalmente y de manera multidisciplinar distintos contenidos presentes en todas las materias,

contribuyendo así de manera eficaz, cercana, amena, integradora e interrelacionada a la adquisición de las competencias.

Además, las actividades que se realizan en el huerto escolar favorecen el desarrollo de la educación del alumno o alumna mediante una metodología activa basada en un aprendizaje constructivista y significativo. De esta manera, el alumno toma un papel activo, construyendo su conocimiento desde la realidad propia de la cual parte (su entorno, su desarrollo conceptual y emocional, etc.) y enfrentándose a una actividad real (el huerto escolar), hace que pueda llegar a comprender las relaciones existentes con el medio al cual pertenecen y estén capacitados para dar una respuesta activa, participativa y reflexiva a los problemas de su ámbito más próximo, favoreciendo uno de los objetivos de cualquier acción educativa: formar ciudadanos libres y responsables.

Por ello se ha intentado transmitir a los actuales estudiantes de Magisterio y futuros docentes que el huerto escolar es una herramienta didáctica y amena, tanto para transmitir conceptos curriculares como para desarrollar actitudes y habilidades que ayuden a los estudiantes a adquirir las competencias básicas de una manera transversal y multidisciplinar.

La divulgación de la Geología como recurso didáctico para la enseñanza de la Geología: Geolodía 2011 en Valladolid

Jaime Delgado Iglesias

Departamento de Didáctica de las Ciencias Sociales y Experimentales
Universidad de Valladolid. Facultad de Educación y Trabajo Social. Paseo de Belén, 1, 47011 Valladolid
jdelgado@dce.uva.es

Resumen

Palabras clave: Geolodía, divulgación de la Geología, enseñanza de la Geología, Educación Secundaria, Valladolid.

Key words: Geolodía, disclosure geology, geology teaching, Secondary Education, Valladolid, Spain.

El objeto de este trabajo es la propuesta del uso como recurso didáctico de una actividad de divulgación científica para la enseñanza de las ciencias de la Tierra. Aprovechando la celebración de la jornada de divulgación de la Geología (Geolodía) en la provincia de Valladolid, se diseñaron actividades para interpretar los lugares visitados con un doble objetivo. Por una parte, que alumnos del Máster de Profesor en Educación Secundaria pusieran en práctica habilidades didácticas relacionadas con contenidos desarrollados en clase. Y por otra parte, que asistentes que estuvieran estudiando Educación Secundaria participaran de manera activa y con carácter formativo. La satisfacción fue general para todos los participantes.

Abstract

The aim of this paper is the use as a teaching resource of public scientific activity for the teaching of Earth science. On the occasion of the day of disclosure of geology (Geolodía) in the province of Valladolid, activities were designed to interpret the outcrps visited with two objectives. First, that students in the Master Teacher in Secondary Education put into practice teaching skills related to content developed in classroom. And second, that participants who were studying Secondary Education participate actively and with formative character. Satisfaction was generally available to all participants.

Introducción

Las ciencias de la naturaleza tienen un papel significativo en la sociedad y en la relación del hombre con el entorno. Por este motivo, es necesario dedicar el máximo esfuerzo a que las ciencias de la naturaleza sean comprendidas y asumidas por los ciudadanos para lograr el siguiente paso, que es el correcto vínculo Ciencia, Tecnología y Sociedad. El mecanismo para alcanzar este logro es una correcta alfabetización

científica de la sociedad. En este sentido, hay diferentes mecanismos que buscan este objetivo a través de la educación. Dentro de esta, se diferencian distintos ámbitos de enseñanza en los que el objetivo común de alfabetización científica está presente (en mayor o menor medida o directa o indirectamente). Se distinguen la educación formal o enseñanza reglada, la enseñanza no formal o no reglada y la enseñanza informal. Cada una de ellas, aunque con objetivos generales comunes, difieren en cuanto a estructuración, organización e intencionalidad. (Cuadrado, 2008).

La educación formal tiene una estructura muy bien definida en objetivos, contenidos, planificación didáctica, etc., plasmada en un currículo o programa organizado en cuanto a tiempos y disciplinas o materias y que conduce a una certificación oficial. Se imparte en centros de enseñanza oficiales o concertados.

La educación no formal, aunque está dotada de una estructuración didáctica y una clara intencionalidad, no se encuentra en un currículo establecido (aunque actúa como complemento), tiene una concepción participativa y no se imparte en centros oficiales ni da lugar a una certificación oficial.

La enseñanza informal se encuentra fuera de los ámbitos citados, pero está más cerca del ciudadano. Se trata de la educación que recibe un ciudadano en su entorno a partir de los estímulos de este o en acciones que no tienen, en principio, una intención educativa, sino inicialmente lúdica, cultural o social.

Dentro de estas posibilidades de educación podemos ubicar las enseñanzas que sobre ciencias de la naturaleza, concretamente de la geología y las ciencias de la Tierra, se llevan a cabo en el territorio nacional y, particularmente, en Valladolid. La geología, en diversas disciplinas, está presente en los currículos oficiales de Educación Primaria y Educación Secundaria y en el plan de estudios de Grado de Maestro en Educación Primaria en la Universidad de Valladolid, quedando patente su aportación a la educación formal. En la educación no formal también está presente como contenidos en cursos extraescolares dentro de la educación ambiental, en ciclos de conferencias, en excursiones o en salidas de campo abiertas a todo el público. En la educación informal es más difícil su presencia al tratarse de contenidos muy específicos, pero que, sin embargo, se encuentran habitualmente en medios de comunicación (riesgos geológicos, noticias sobre minería y materias primas, el agua, películas sobre desastres naturales, inundaciones…) o áreas en las que se debate el desarrollo de la población (ordenación del territorio, especulación urbanística y financiera…). En la educación informal se podrían encuadrar las actividades lúdicas que se desarrollan en la naturaleza y que tienen como objeto la visita de un entorno natural de características particulares por su belleza, representatividad, fragilidad o peculiaridad, pero que no tienen una clara intencionalidad educativa ni formativa.

Desde hace años se llevan desarrollando jornadas anuales de divulgación de la geología a nivel nacional con la denominación de GEOLODÍA. Según Crespo *et al.*, (2011), el Geolodía es una iniciativa de divulgación de la geología a través de excursiones de campo cuyo destinatario es el público en general y tiene carácter gratuito. Se realiza un día al año simultáneamente en todas las provincias de España, en lugares que abarcan desde los entornos de las ciudades hasta espacios naturales protegidos. Las excursiones están guiadas por geólogos pertenecientes a diversas instituciones, sociedades y asociaciones científicas. Con el Geolodía se pretende observar con otra perspectiva el entorno en el que se asientan nuestras poblaciones y entender, a través de los efectos que tienen sobre la superficie, algunos de los procesos del funcionamiento de la Tierra sobre la que vivimos. También se pretende divulgar la labor de los geólogos y lo que estos, como científicos y profesionales, pueden aportar a la sociedad y a su bienestar. También se da a conocer nuestro patrimonio geológico para que el ciudadano se sensibilice de su importancia y de la necesidad de protegerlo. La coordinación del Geolodía corre a cargo de la Sociedad Geológica de España y colaboran la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, el Instituto Geológico y Minero de España y la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (SGE, 2012). El 8 de mayo de 2011 y el 6 de mayo de 2012 se celebraron simultáneamente en todas las provincias del territorio nacional excursiones de campo. El autor del presente trabajo fue el organizador del Geolodía en la provincia de Valladolid ambos años.

El autor es profesor en el Grado de Maestro en Educación Primaria y del Máster de Profesor en Educación Secundaria y Bachillerato en la Universidad de Valladolid, por lo que ha intentado utilizar la actividad de divulgación como actividad didáctica, transformando un evento que podría encuadrarse en la educación informal (en algunos aspectos, podría considerarse como no formal) en un evento de educación no formal. Se utilizó la jornada de difusión de la geología como salida de campo para alumnos de Educación Primaria y Educación Secundaria y como sesión práctica de contenidos didácticos para alumnos de Grado de Maestro en Educación Primaria y del Máster de Profesor en Educación Secundaria.

Objetivos

El objeto de este trabajo es la propuesta del uso de una actividad de divulgación científica para la enseñanza de las ciencias de la Tierra y exponer el resultado de su aplicación en sendas excursiones geológicas por la provincia de Valladolid: Geolodía 2011 y 2012. El trabajo estaba planteado para la edición del Geolodía 2011, pero se ha estimado oportuno incluir los resultados de la edición de 2012.

Aprovechando que el autor del presente trabajo fue el organizador del Geolodía 11 y Geolodía 12 en Valladolid, se propuso aplicar la salida de campo para la enseñanza del patrimonio geológico de la provincia de Valladolid a posibles asistentes alumnos de Educación Primaria y estudiantes de enseñanzas medias. Asimismo, también se tuvo en cuenta la presencia de alumnos del Máster de Profesor en Educación Secundaria y Bachillerato y alumnos de Grado de Maestro en Educación Primaria, constituyendo una oportunidad para que aplicaran los conocimientos teóricos que reciben y para que valoraran la experiencia en un entorno nuevo y novedoso para ellos.

Metodología

La actividad tuvo tres enfoques distintos, pero con fundamento común. Se diseñaron guiones a modo de cuestionarios dirigidos que permitieron acercarse a una metodología por descubrimiento. Por una parte, se diseñó un guion para todo el público con información general sobre el desarrollo de las lugares a visitar y breve explicación de cada uno. Por otro lado, se diseñaron tareas, unas adaptadas a asistentes de Educación Primaria (2.º y 3.º ciclo) y otras adaptadas para asistentes de Educación Secundaria y Bachillerato. Para el diseño de cada grupo de tareas se tuvieron en cuenta el nivel de contenidos implicados en las respectivas etapas educativas. Básicamente, las tareas hacen referencia a reconocimiento de los principios básicos de la geología, a fundamentos de mineralogía, paleontología y geomorfología. En tercer lugar, se planteó como una tarea práctica para los alumnos del Máster de Profesor en Educación Secundaria y para los alumnos de Grado de Maestro en Educación Primaria, denominándolos colaboradores, siendo los primeros los encargados de aplicar las actividades a los asistentes de Educación Secundaria y los segundos a los asistentes de Educación Primaria. En líneas generales, en el guion se reflejan aspectos como reconocimiento de minerales, fósiles y procesos, dibujos de elementos observados, historia geológica y predicción a través de la observación y discusión.

Durante el evento, los alumnos del Máster de Profesor en Educación Secundaria fueron los encargados de monitorizar y dirigir a los participantes de Educación Secundaria las actividades a realizar, mientras que los de Grado hicieron lo propio con los de Educación Primaria, teniendo todas las tareas y su participación un carácter voluntario.

Para la evaluación, se recogió información sobre el resultado (dibujos de los participantes, encuestas, observación directa), se debatió con los colaboradores y se analizó para tenerlo en cuenta para futuras ediciones.

Las salidas fuera del centro, como actividades prácticas para la enseñanza de la geología, constituyen un recurso necesario y de gran valor didáctico de aprendizaje si son convenientemente utilizadas por el

profesorado implicado en la enseñanza de las ciencias naturales. Nadie duda de su valor y éxito didáctico en lo que al aprendizaje de las ciencias naturales se refiere. Pedrinaci *et al.* (1994) señalan que las salidas fuera del centro docente suelen ser atractivas para el alumnado y fomentan la curiosidad, siendo bien acogidas.

La innovación en la salida fuera del centro asociada al Geolodía radica en que no está vinculada directamente al entorno escolar, por lo que los participantes de edad escolar (alumnos de Educación Primaria y de Educación Secundaria) no perciben la salida como una prolongación de su jornada escolar semanal. De lo contrario, es posible que no se sientan motivados a participar. Sin embargo, aprovechando esta sensación de evento lúdico por parte del público en edad escolar, se pueden diseñar actividades que cumplan las funciones de fomentar la curiosidad y respeto por el entorno, de fomentar la capacidad de observación y el interés por la geología y de asimilar, indirectamente, determinados contenidos de las ciencias naturales.

No se introducen elementos nuevos a un recurso ampliamente utilizado y estudiado, sino que se pretende hacer un uso diferente en un marco distinto al habitual, siendo el Geolodía un ejemplo idóneo para ello, y que puede ser extrapolable a otras salidas de otras áreas de conocimiento.

Se tuvieron en cuenta objetivos y competencias generales:

- Conocer el patrimonio geológico, respetando su diversidad.
- Identificar los principales elementos geológicos del entorno natural.
- Comprender, utilizar y aplicar las estrategias y los conceptos básicos de las ciencias de la naturaleza para interpretar los fenómenos naturales.

Los contenidos implicados se resumen en:

– Identificación y clasificación de rocas, minerales y fósiles.
– Reconocimiento de la superposición, horizontalidad y geometría de los estratos.
– Formas de relieve y significado geológico.
– Funcionamiento del planeta.
– Importancia, utilidad y explotación de los minerales y de las rocas.
– Desarrollar hábitos de observación y descripción esenciales para el naturalista.
– Analizar las causas que dan lugar a riesgos naturales.

Para los colaboradores se establecieron unos contenidos específicos:
– Aplicar los conocimientos teóricos que reciben en su formación.
– Adquirir destreza en la práctica docente.
– Transmitir el interés y respeto por el medio ambiente.

DESARROLLO

GEOLODÍA 2011

En el año 2011 se llevó a cabo la actividad a través de un itinerario (*figura 1*) con paradas distantes entre sí lo suficiente como para necesitar transporte. El número de asistentes fue de 80, de los cuales 12 eran de edad escolar (6-12 años) y 6 de edad entre 12 y 18 años. Se contó con 9 colaboradores para Primaria (alumnos de Grado) y 4 para Secundaria (alumnos del Máster). La jornada duró 5 horas.

A modo de síntesis, se señalan las actividades que realizaron en cada parada y que se plasman en el correspondiente guion (el cual no se expone aquí debido a su extensión) contextualizado en cada etapa educativa:

1. Desmonte en Zaratán

Serie sedimentaria formada por margas blancas y arcillas con niveles negros.

- En los estratos que se observan, ¿se cumple el principio de horizontalidad?
- ¿Se distinguen fósiles en los estratos? ¿Cómo son (grandes, concha enrollada, patas…)? ¿Hay relación entre nivel fosilífero y el color del estrato?
- Iniciación a la historia geológica a través de secuencias de episodios y sucesión de estratos, aplicando los principios fundamentales en geología.

2. Yesera en Cogeces de Íscar

Antigua cantera en serie sedimentaria con alternancia de yesos y margas.

- Dibujar el afloramiento diferenciando estratos de distinta coloración.
- ¿Se ven minerales a simple vista? ¿Cuáles son? Dibújalos.
- ¿Para qué se explotaron estos minerales o cuál fue su uso?

3. Megeces-San Marugán

Panorámica del valle.

- Dibujo de la panorámica del valle, destacando elementos del relieve.
- Hacer una predicción de cómo puede evolucionar el relieve en el futuro.
- En detalle, observar la roca caliza. ¿Es compacta? ¿Se observan fósiles?

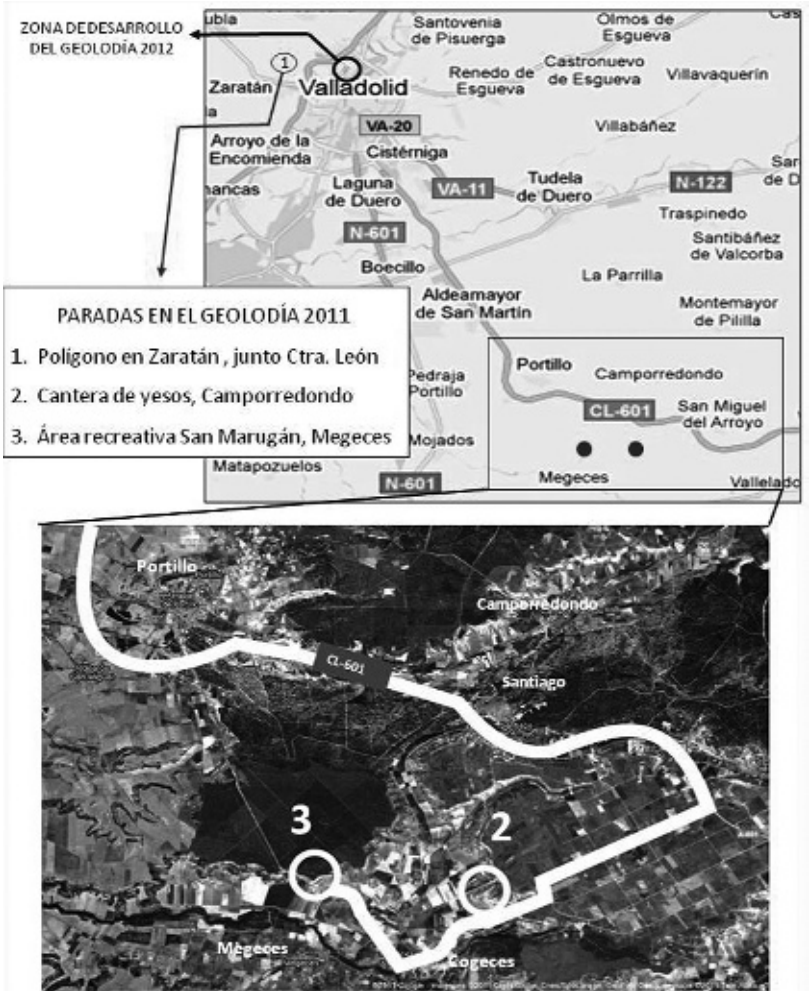


Figura 1. Situación de los lugares visitados durante la edición del Geolodía 2011 y del Geolodía 2012 (modificado de Google maps y Google earth).

GEOLODÍA 2012

En el año 2012 la actividad se desarrolló en un itinerario a pie cercano a la ciudad de Valladolid (*figura 1*). El número de asistentes fue de 103, de los cuales 11 eran de edad escolar (6-12 años) y 2 de edad entre 12 y 18 años. Se contó con 5 colaboradores para Primaria (alumnos de Grado) y 2 para Secundaria (alumnos del Máster). La jornada tuvo una duración de 4 horas.

1. Antigua arcillera

- En los estratos que se observan, ¿se cumple el principio de horizontalidad?
- Iniciación a la historia geológica a través de secuencias de episodios y sucesión de estratos, aplicando los principios fundamentales en geología.

2. Panorámica del valle del río Pisuerga

- Dibujo de la panorámica del valle, destacando elementos del relieve.
- Hacer una predicción de cómo puede evolucionar el relieve en el futuro.

RESULTADOS

El resultado en ambas ediciones fue satisfactorio (tanto de participación como de seguimiento de las tareas) para todos los agentes implicados, lo que indica que el diseño de las actividades fue el correcto, considerando que debía mantenerse en un margen entre lo lúdico y lo formativo. Cualquiera de los dos extremos quitaría valor didáctico al evento dado que cada asistente era libre de participar en las tareas o rechazarlas y sumarse al grupo principal.

Centrando el estudio en los asistentes de Educación Secundaria, en ambas ediciones mostraron interés en todo momento, deduciendo que los colaboradores aplicaron bien los conocimientos adquiridos en el aula, a pesar de no tratarse de los mismos colaboradores en las dos ediciones.

Según manifestaron los colaboradores, los asistentes dominaban los conceptos elementales de geología, tales como identificación de minerales y fósiles, principios básicos como horizontalidad y superposición, erosión, sedimentación, modelado fluvial, historia geológica sencilla, predicción de acontecimientos futuros y aguas subterráneas.

A los asistentes de Educación Secundaria les llamó la atención la alternancia de colores, las formas del relieve, redondez de cantos, la presencia de minerales o fósiles y sus características, aspectos que se tendrán en cuenta para diseñar actividades en ediciones futuras.

Por parte de los colaboradores que monitorizaron a los asistentes de Educación Secundaria, también expresaron satisfacción en ambas ediciones. Reconocieron vivir una experiencia cercana a la actividad docente que les reportó seguridad en sí mismos. Tuvieron la oportunidad de poner en práctica habilidades didácticas y ensayaron en un entorno novedoso para ellos, tomando contacto con grupos de potenciales alumnos.

Del resultado de utilizar una actividad de difusión como actividad formativa se pueden extraer una serie de ventajas y desventajas. Por una parte, como ventajas cabe señalar el aprovechamiento de un evento fuera del horario del calendario escolar, aspecto de interés cuando el programa es apretado y no se dispone de tiempo. Otra ventaja es que se puede experimentar el diseño de propuestas didácticas sin temor a interferir en la planificación docente de alguna materia o asignatura. Como ventaja importante es la ya señalada experiencia previa para los alumnos del Máster de Profesor en Educación Secundaria, también como complemento a su periodo de prácticas como profesor. Para estos alumnos, los resultados les sirven como autoevaluación. El carácter voluntario de participación, tanto de los asistentes como de los colaboradores, imprime un factor de motivación a todos los participantes. Una ventaja, en el caso

de las ediciones celebradas es la elevada relación asistentes-colaboradores (entre 1,5 y 1), lo que imprime calidad al desarrollo de las actividades.

Por otro lado, las dificultades tampoco son pocas. El desconocimiento hasta poco tiempo antes del evento, del número y tipo de asistentes y sus conocimientos previos impide hacer una planificación didáctica dirigida a niveles concretos. Esta circunstancia obliga a diseñar guiones genéricos para la extensa etapa de Educación Secundaria (12-18 años) y ajustarlos el mismo día de aplicación. Queda patente una falta de formación por parte de los colaboradores, a pesar de tratarse de titulados superiores en alguna materia de las ciencias naturales. Otra desventaja es la limitación temporal a la que se debe ceñir el Geolodía.

Conclusiones

Aprovechando que el autor del presente trabajo fue el organizador del Geolodía 2011 y de 2012 en la provincia de Valladolid, se propuso aplicar la salida de campo para la divulgación del patrimonio geológico de la provincia de Valladolid a posibles asistentes alumnos de Educación Primaria y estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato. Asimismo, también se consideró que constituiría una oportunidad para que los alumnos del Máster de Profesor en Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas y alumnos de Grado de Maestro en Educación Primaria aplicaran los conocimientos teóricos que reciben en su formación.

Prestando atención a lo referente a la Educación Secundaria, se diseñaron tareas para los asistentes que fueran alumnos de esta etapa educativa, teniendo en cuenta el nivel de contenidos relacionados con la geología implicados en los respectivos niveles educativos. Básicamente, las tareas hacen referencia a reconocimiento de los principios básicos de la geología y a fundamentos de mineralogía, paleontología y geomorfología. Por otro lado, se planteó como una tarea práctica para los alumnos del Máster de Profesor en Educación Secundaria, siendo estos (denominados colaboradores) los encargados de aplicar las actividades y de monitorizar a los asistentes de Educación Secundaria. El resultado fue satisfactorio para todos los agentes implicados, lo que indica que el diseño de las actividades fue el correcto, considerando que debía mantenerse en un margen entre lo lúdico y lo formativo. Cualquiera de los dos extremos quitaría valor didáctico al evento, dado que cada asistente era libre de participar en las tareas o rechazarlas y sumarse al grupo principal.

Las dificultades observadas son la falta de formación por parte de los colaboradores, el desconocimiento hasta días antes del número y tipo de asistentes, impidiendo una adecuada planificación didáctica y la limitación temporal. Sin embargo, las ventajas superan a las desventajas, como son el aprovechamiento de un evento fuera del horario lectivo, la experimentación de propuestas didácticas sin temor a interferir en la planificación docente, la experiencia para los alumnos del Máster de Profesor en Educación Secundaria y el carácter voluntario de participación, tanto de los asistentes como de los colaboradores.

Bibliografía

Cuadrado, T. (2008). *La enseñanza que no se ve: educación informal en el siglo XXI*. Ed. Narcea. 151 p.

Crespo, A., Alcalá, L, Carcavilla, L. y Simón, J.L. (2011). Geolodía: origen, presente y futuro. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19 (1), 95-105.

Pedrinaci, E., Sequeiros, L. y García De La Torre, E. (1994). El trabajo de campo y el aprendizaje de la geología. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 2, 37-45.

SGE (2012). http://www.sociedadgeologica.es/divulgacion_geolodia.html

Investigando el medio marino en el III finde científico

Andrés de la Peña Delgado, José Luis Gutiérrez Berrendero,
Rafael Miguel Maroto Gamero

Dpto. Biología y Geología. IES Sierra de Guadarrama
Avda. Soto del Real, s/n. 28791 Soto del Real (Madrid)
Tel.: 918479299. Fax: 918477010
andres.delapena@educa.madrid.org
joseluis.gutierrez10@gmail.com
rmaroto@educa.madrid.org

Palabras clave: Mapas topobatimétricos, pizarra digital interactiva (PDI), TIC, finde científico, ciencia escolar, medio marino.

Keyboards: Topobatimetric maps, interactive digital whiteboard (IWB), ICT, scientific weekend, school science, marine environment.

Resumen

En la presente comunicación mostraremos una experiencia realizada con alumnos de 4.º de ESO para la preparación y montaje de un *stand* en el *III Finde Científico* cuya temática pretendía dar a conocer a los visitantes cómo se investiga el medio marino y cuáles son los principales componentes abióticos y bióticos. Para ello se utilizaron mapas topobatimétricos, una pizarra digital interactiva y los juegos de ordenador *Navimar*, todo ello recreado en la cabina de un submarino.

Abstract

The present communication shows an experience performed with sixteen years-old students for the preparation and assembly of a stand in the '*III Finde Científico*' (III Scientific Weekend). The thematic intended to show the research of the marine environment as well as the main biotic and abiotic elements. For this purpose diverse topobatimetric maps, interactive digital whiteboards and the *Navimar* computer games were used, by recreating a submarine cabin.

Introducción

Anualmente, el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MUNCYT) y la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) organizan en Madrid los denominados *Finde Científicos*, encuentros que pretenden hacer converger a las comunidades educativas y científicas de Madrid con experiencias, prácticas y actividades científicas. Durante el *III Finde Científico* celebrado los días 28 y 29 de mayo de 2011,

profesores del departamento de Biología y Geología y alumnos de 4.º de Enseñanza Secundaria Obligatoria del IES Sierra de Guadarrama participamos en el evento con el montaje de un *stand* que presentaba tres secciones secuenciadas en las que los visitantes interactuaban guiados en todo momento por las explicaciones científicas de los alumnos. En la primera de ellas se trabajaron contenidos geológicos sobre mapas; en la segunda, a través del uso de una pizarra digital interactiva (PDI) y presentaciones creadas para el evento, se estudiaron contenidos relacionados con las comunidades biológicas de los océanos, y finalmente, en la última parte se recreó la cabina de un submarino en la que los participantes, mediante simulaciones de ordenador, podían navegar y bucear bajo el agua de las regiones vistas previamente en los mapas. En definitiva, una clara apuesta por integrar recursos más tradicionales como los mapas con recursos informáticos como las PDI o los ordenadores para que los alumnos fueran los protagonistas de la transmisión de conocimientos científicos fuera de su ambiente de aula y ante un público muy variado en cuanto a edades y conocimientos.

A lo largo de la comunicación detallaremos los objetivos del proyecto y la vinculación con el currículum oficial, así como las fases en las que se estructuró el trabajo durante el curso escolar.

OBJETIVOS Y CURRÍCULO OFICIAL

Todo el proyecto ha girado en torno al diseño y montaje del *stand* con el que participamos en el *III Finde Científico*, cuyo objetivo principal ha sido «Entender el fondo oceánico y cómo se investiga», además de poder vivir las sensaciones de observar el fondo marino desde un submarino y responder a ciertas cuestiones: ¿Cómo es el fondo marino de España si quitamos el agua? ¿Cómo se ha llegado a conocer? ¿Hasta dónde llega el continente y dónde empieza el verdadero fondo oceánico en nuestras costas? ¿Cómo son las relaciones tróficas en nuestras costas? ¿Qué riesgos tiene la pesca en nuestros mares?

A lo largo del desarrollo de la experiencia se ha tenido en cuenta el currículo oficial de la materia de Biología y Geología de 4.º de E.S.O.[1], curso en el que se encontraban los alumnos participantes, y de 1.º de Bachillerato[2] (curso actual). Los **contenidos de 4.º de E.S.O.** están relacionados con el Bloque 2: La Tierra, un planeta en continuo cambio y con el Bloque 4: La dinámica de los ecosistemas y se cubren los **criterios de evaluación** 3, 4, 5, 7, 14, 15 y 16. Los **contenidos de 1.º de Bachillerato** quedan enmarcados dentro del Bloque 2: Geodinámica interna. La tectónica de placas, bloque 5: La biología de las plantas y bloque 6: La biología de los animales, cubriéndose los **criterios de evaluación** 3 y 6. Asimismo, el planteamiento de la actividad permite el desarrollo, en mayor o menor medida, de las **competencias básicas**[3] en los alumnos. Algunos ejemplos de cada una de ellas son las explicaciones a los visitantes (comunicación lingüística), la utilización de escalas y componentes gráficos de los mapas (matemática), los contenidos científicos trabajados (conocimiento e interacción con el mundo físico), búsqueda de información, uso de la PDI y de los simuladores (tratamiento de la información y competencia digital), la participación y el trabajo en grupo (social y ciudadana), la preparación de materiales y el montaje del *stand* (cultural y artística), la búsqueda de información para ampliar contenidos, sesiones previas de trabajo con actividades clásicas tipo conferencia, novedosas como la práctica de pizarra digital o prácticas y artesanales como el taller de nudos o montaje del *stand* (aprender a aprender), la toma de decisiones y las aportaciones al grupo y al proyecto (autonomía e iniciativa personal).

---

[1] DECRETO 23/2007, de 10 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria.

[2] DECRETO 67/2008, de 19 de junio, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo del Bachillerato.

[3] REAL DECRETO 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria.

El proyecto

El proyecto se ha llevado a cabo en tres fases claramente diferenciadas. La fase inicial incluye toda la parte burocrática, formativa y logística: Propuesta de participación por parte del coordinador (D. José Luis Gutiérrez) al Departamento de Biología y Geología, a la Dirección del IES y a las instituciones organizadoras, y, tras la confirmación de asistencia, a los alumnos y a sus familias; formación de alumnos, diseño y preparación de materiales en varias sesiones fuera del horario lectivo; contacto con entidades colaboradoras, difusión en el IES y a través de Internet para fomentar la asistencia, organización de los desplazamientos para el evento, etc.

La segunda fase consiste en el montaje del *stand* y que se detalla a continuación.

La tercera fase, posterior al *Finde*, comienza con la evaluación y valoración de toda la activad desarrollada y continúa con la difusión a través de la página del Instituto[4], blogs de profesores[5], artículos en prensa[6], vídeos[7], o eventos como el presente Congreso o el *III Congreso de Pizarra Digital.* Consideramos que la difusión de las actividades que se realizan en los centros educativos es fundamental para servir de referencia y aportar ideas a otros docentes e interesados en la Ciencia escolar (y otras disciplinas).

Asimismo, se ha repetido la experiencia en dos eventos, primero en el propio instituto durante la celebración del día del Medio Ambiente[8] preparado por el Departamento, de manera que los alumnos mostraran a todos sus compañeros y profesores los principales aspectos de la investigación marina, y posteriormente el 5 de febrero de 2012, en el propio Museo, invitados por la Fundación de Apoyo al Museo Nacional de Ciencia y Tecnología dentro del programa *Investigadores del Futuro*.

A continuación detallaremos cómo se desarrolló el montaje del *stand* y los contenidos y materiales preparados con anterioridad para trabajar en cada una de las partes de las que estaba compuesto.

El acceso al *stand* se realizaba a través de una cortina que simulaba la entrada al medio marino, a la vez que creaba un clima apropiado dentro de la caseta en la que estaba ubicado. Los visitantes hacían un recorrido por los tres sectores que habíamos diseñado: los mapas topobatimétricos, las comunidades biológicas en la PDI y, finalmente, la tripulación del submarino.

Geología submarina: mapas topobatimétricos

Para conocer los aspectos geológicos submarinos se utilizaron tres mapas topobatimétricos proporcionados por el Instituto Español de Oceanografía: Mar Balear[9], Mar de Alborán[10], y Archipiélago Canario[11] (*figura 1*).

---

[4] http://www.educa.madrid.org/web/ies.sierradeguadarrama.soto/Pagina8/FINDE%20CIENTIFICO.htm [19/03/2012].

[5] http://unpasohacialaciencia.blogspot.com.es/2011/06/finde-cientifico-2011-el-evento.html [19/03/2012].

[6] Maroto, R.M., Gutiérrez, J.L. y De La Peña, A. (2011). Interacción con el mundo submarino. *Magisterio*, p. 26 (Artículo en prensa, miércoles 8 de junio de 2011).

[7] http://www.youtube.com/watch?feature5player_embedded&v5mbhrBz_dn9M [19/03/2012].

[8] http://unpasohacialaciencia.blogspot.com.es/2011/06/celebracion-del-dia-del-medio-ambiente.html [19/03/2012].

[9] IEO (2005). Mar Balear: Mapa topobatimétrico del Mar Balear y Golfo de Valencia / Ministerio de Educación y Ciencia, Instituto Español de Oceanografía. – 1:500.000; Proyec. UTM Huso 31 N. – Madrid: IEO. ISBN: 84-95877-29-5.

[10] IEO (2008). Mar de Alborán. Mapa topobatimétrico del Mar de Alborán y Estrecho de Gibraltar / Ministerio de Educación y Ciencia, Instituto Español de Oceanografía. – 1:400.000; Proyec. UTM Huso 31 N. – Madrid: IEO. ISBN: 84-958-77-30-9.

[11] IEO (2006). Archipiélago Canario: Mapa topobatimétrico del Archipiélago Canario / Ministerio de Educación y Ciencia, Instituto Español de Oceanografía. – 1:700.000; Proyec. UTM (Huso 28 N) elipsoide WGS 84. – Madrid: IEO. ISBN: 84-958-77-30-9.



Figura 1. Alumnas explicando los contenidos de los mapas a los visitantes.

Los aspectos fundamentales sobre los que se formó a los alumnos y sobre los que posteriormente se iba a explicar son las leyendas situadas en la parte inferior de los mapas, que aportan amplia información sencilla para exponer y comentar a los visitantes sobre los mismos, como por ejemplo:

1.º La latitud y longitud.

2.º La escala, tanto la numérica como la gráfica.

3.º Las escalas de hipsometría, principalmente la batimétrica.

4.º Los signos convencionales.

5.º Las provincias fisiográficas, con características peculiares para cada uno de ellos:

a) Plataforma continental: Corteza continental, profundidad de 0 a 200 m; en la zona valenciana se sitúan las Islas Columbretes, de origen volcánico, y en la baleárica se observan las islas Baleares, continuación geológica del Sistema Penibético, así como algunos montes submarinos. La zona del mar de Alborán no presenta gran extensión, y, al igual que en el anterior, es interesante la observación de las bahías y los cabos. Finalmente, en el Archipiélago Canario la comparación de la plataforma de las islas y de la del continente africano nos aporta datos interesantes.

b) Talud continental y Glacis: zonas de transición entre la corteza continental y la oceánica. El talud son las zonas más abruptas, con mayor pendiente y surcadas, perpendicularmente, por multitud de barrancos y de cañones, en algunos casos con sistemas turbidíticos que los recorren. El glacis son zonas de menor pendiente y donde se acumulan sedimentos, lindando con la zona oceánica. Las profundidades en los distintos mapas varían. Así, podemos ver que en la zona valenciana van de los 200 hasta los 1.000 m y en la zona balear hasta los 2.200-2.400 m, aproximadamente, en esta última con una pendiente casi vertical. En la zona del mar de Alborán las profundidades van de los 200 hasta los 600 m, aproximadamente, con unas pendientes relativamente suaves, y en las islas Canarias podemos comparar las diferencias del talud y glacis insulares entre la zona este, con profundidades que van de los 200 a los 1.500 m, con la zona oeste, donde alcanzan aproximadamente los 3.000 m en el glacis.

c) Canales: en el mapa de las islas Baleares y costa valenciana se pueden observar los canales de Valencia y Menorca, con montes submarinos, y con profundidades importantes (hasta 2.600 m), que están formados por corteza oceánica que queda cubierta de sedimentos de origen continental y pelágico; mientras que en el del mar de Alborán es interesante el existente en el estrecho de Gibraltar.

d) Llanura Abisal: en el mar de Alborán la llanura abisal está formada por corteza oceánica y es una zona principalmente volcánica y sísmica, como se puede observar por la gran cantidad de fallas que la cruzan. Además se observan bancos, crestas, montes submarinos, gargantas e islas como la de Alborán y, además, volcanes de fango como el de Perejil y de Kalinin, junto a profundidades importantes (más de 1.900 m). En el caso de las islas Canarias se extiende hasta los 4.500 m. y está constituida también por corteza oceánica, aunque en este caso cubierta de sedimentos de origen continental y pelágico.

6.º Perfiles batimétricos: relacionados con el apartado anterior.

7.º Finalmente, algunos aspectos interesantes y concretos de cada uno de los mapas sobre los que se iba a informar a los visitantes como por ejemplo las zonas volcánicas del mapa de islas Baleares y costa valenciana: islas Columbretes y campo volcánico en la zona del monte de Emile Baudot, relacionados con las zonas volcánicas de la península, zona de Almería, Murcia, Alicante, Valencia, Castellón, islas de Alborán, o hacer hincapié en las pocas zonas señalizadas con fallas actuales, solamente observadas en el monte Ausias March. Con respecto a las zonas volcánicas del mar de Alborán, destacarían la isla de Alborán, de origen volcánico, los montes y crestas submarinas y las fallas en la corteza oceánica, así como la explicación sobre el canal mencionado anteriormente y que se observa en el estrecho de Gibraltar, determinante para el paso de las corrientes oceánicas y marinas. En cuanto al carácter volcánico del Archipiélago Canario, tendrían que destacar la altura que tienen en total los edificios volcánicos, contada desde la corteza oceánica.

Zonación y comunidades marinas: presentaciones interactivas con la PDI

La segunda sección del *stand* fue la correspondiente a la zonación y comunidades marinas. Para la preparación de los alumnos sobre los contenidos se hizo una formación inicial de varias sesiones, con una metodología apoyada en presentaciones digitales en las que se mostraban imágenes de comunidades, individuos y biotopos acompañadas de información sobre la ecología de los medios marinos y sobre la anatomía, fisiología y etología de todas las especies, insistiendo en aspectos atrayentes y motivantes para los alumnos y para la gente que visitara el *stand*. Además, uno de los factores en los que centramos los contenidos fue en las variaciones en la profundidad dentro del mar Mediterráneo que producen una estratificación vertical de los distintos hábitats subacuáticos, y a su vez cambios en otros factores abióticos, como la salinidad, la cantidad de luz, la evaporación, tipo de sustrato etc.

Como una primera aproximación nos interesaba distinguir entre dos grandes medios oceánicos: el medio pelágico donde los organismos no tienen relación con el fondo marino, pudiendo nadar libremente (necton) o depender de las corrientes (plancton), y el medio bentónico habitado por organismos relacionado con el fondo marino que viven fijos al sustrato (epifauna), enterrados (endofauna) o nadando sin separarse del fondo (nectobentónicos o hiperbentos). La estratificación vertical lleva a clasificar el medio marino en la denominada «Zonación Biológica» en la que las comunidades bentónicas se distribuyen en 6 franjas paralelas a la superficie del mar: zonas Supralitoral, Mediolitoral, Infralitoral, Circalitoral, Batial y Abisal. Las comunidades elegidas para nuestro trabajo son representativas y se eligieron por contener especies muy conocidas o especies insignia respecto a la conservación del medio marino. Son tres: la comunidad del medio pelágico, la comunidad infralitoral de *Posidonia oceánica* y la comunidad de circalitoral coralígeno.

La **comunidad del medio pelágico** queda compartimentada en sentido vertical y horizontal. En sentido vertical viene marcada por la penetración de la luz a medida que profundizamos, distinguiendo la zona fótica o iluminada que comprende la epipelágica (0-100 m) y la mesopelágica de escasa iluminación (100-500 m), y la zona afótica o sin luz en la que se diferencian la batipelágica (500-4.000 m), la abisopelágica (4.000-6.000 m) y la hadopelágica (a partir de 6.000 m). Considerando el eje horizontal se distinguen la región nerítica o de aguas sobre la plataforma continental y la oceánica que comprende al resto de las aguas del ambiente pelágico. Las especies características con las que trabajamos en esta comunidad trataban de abarcar desde animales asociados al plancton como las medusas Acalefo bioluminiscente o clavel de mar *Pelagia noctiluca*, la Aguamala *Rhizostoma pulmo* y la Aguacuajada o huevo frito *Cotylorhiza tuberculata*, hasta organismos nectónicos como algunos moluscos cefalópodos como los calamares *Loligo vulgaris*, algunos peces cartilaginosos como el marrajo *Isurus oxyrhynchus*, otros óseos como el atún *Thunnus thynnus*, el pez luna *Mola mola*, el espetón *Sphyraena sphyraena*, la lecha *Seriola dumerili*, la sardina *Sarda sarda*, además de mamíferos como el delfin mular *Tursiops truncatus* y el común *Delphinus delphis*, y reptiles como la tortuga boba *Caretta caretta*.

La **comunidad infralitoral de Posidonia oceánica** desempeña un papel fundamental en las aguas mediterráneas al ser la posidonia una especie emblemática y paradigma de conservación de todas las comunidades. Por ello insistimos mucho en la formación acerca de sus propiedades ecológicas y beneficios sobre todos los seres vivos, incluido el ser humano, y profundizamos tanto en la especie como en la comunidad.

Posidonia oceanica es una fanerógama marina (planta con flores) endémica del Mediterráneo con todos los elementos de un vegetal superior (tallo, raíces, hojas, flores y frutos con semillas) y cuyos pies pueden vivir más de 50 años. Se desarrolla en aguas de buena calidad, limpias, transparentes, bien oxigenadas y no contaminadas, tanto verticalmente para escapar de la sedimentación (estimado en 1 cm/año) como horizontalmente para colonizar el sustrato. Su distribución espacial varía en función de las características de la masa de agua, pudiendo estar presente entre los 0,5 y los 30-40 m de profundidad. Esta planta forma grandes praderas en los fondos arenosos cercanos a la costa, cuyos restos de hojas forman, al ser arrastradas a las playas, depósitos denominados «arribazones» de gran importancia ambiental. Su reproducción es generalmente asexual, a través de rizomas o tallos subterráneos, aunque también se puede realizar sexualmente a través de flores, a partir de las cuales se produce un fruto semejante a una pequeña aceituna.

Respecto a su importancia ecológica, la posidonia es un productor primario que aporta grandes cantidades de materia orgánica aprovechable como alimento por infinidad de seres vivos, entre ellos muchos peces de importancia pesquera. Las praderas son el lugar de puesta y refugio de abundantes organismos, enriqueciendo la biodiversidad del medio marino y garantizando su mantenimiento. Las praderas multiplican la superficie utilizable por infinidad de seres (esponjas, microorganismos, etc.), producen una elevada cantidad de oxígeno, fijan CO_2 contribuyendo a reducir el cambio climático, fijan importantes cantidades de sustancias en suspensión, depurando y limpiando las aguas, y su disposición paralela a la costa reduce la incidencia de la energía de las olas sobre las playas, disminuyendo los procesos erosivos. Asimismo, a lo largo del tiempo, los restos de posidonia han sido utilizados por el hombre con diferentes fines, como por ejemplo la protección y embalaje de objetos de vidrio y cerámica, relleno de colchones, en medicina popular (astringente, respiratorio, limpiador facial, …), etc.

Los seres vivos que elegimos, en función de su representatividad, conocimiento común, atracción y singularidad, como componentes de la biodiversidad de la pradera entre todos los posibles fueron Cerianto *Cerianthus membranaceus*, Espirografo, *Espirographis spalanzani*; Nacra, *Pinna nobilis*; Pulpo, *Octopus vulgaris*; Sepia, *Sepia officinalis*; Erizo común, *Paracentrothus lividus*; Estrella roja, *Equinaster sepositus*; Holoturia, *Holoturia sp*.; Ofiura, *Ophioderma longicauda*; Ascidia roja, *Halocynthia papillosa*; Clavelina, *Clavenina lepadiformis*; Morena, *Muraena helena*; Sargo, *Diplodus sargus*; Mojarra, *Diplodus vulgaris*; Castañuela, *Chromis chromis*; Julia o doncella, *Coris julis*; Serrano o cabrilla, *Serranus cabrilla*; Caballito de mar, *Hippocampus guttulatus*; Salpa, *Sarpa salpa*.

La **comunidad circalitoral de coralígeno** se extiende desde el nivel inferior alcanzado por las fanerógamas marinas y las algas fotófilas (15-35 m), hasta la máxima profundidad donde llegan las algas multicelulares (alrededor de 100 m). El final de esta zona coincide aproximadamente con la porción inferior de la plataforma continental y el margen superior del talud continental. Se caracteriza por una luz tenue de marcada dominante azul, hidrodinamismo suavizado aunque existen fuertes corrientes y donde las aguas son constantemente frías. El desarrollo de las especies está en función de las condiciones locales que, generalmente, se suelen agrupar formando estratos característicos. Los seres vivos que elegimos como representantes de esta comunidad son; *Lithophyllum expansum*, *Mesophyllum lichenoides*, Esponja roja, *Spirastrella cunctatrix*; Cerianto, *Cerianthus membranaceus*; Gorgonia blanca, *Eunicela singularis*; Gorgonia roja, *Paramuricea clavata*; Espirografo, *Espirographis spalanzani*; Erizo espinas alargadas, *Arbacia lixula*; Ascidia roja, *Halocynthia papillosa*; Morena, *Muraena helena*; Mero, *Ephinephelus marginatus*; Tres colas, *Anthias antias*. Algunos se repiten entre la pradera y el coralígeno, reafirmando la idea de que las comunidades no son compartimentos estancos y de que las fronteras entre ecosistemas son tan frágiles que las biocenosis se mezclan.

Una vez enmarcados los contenidos a trabajar teníamos que desarrollar los contenidos digitales relacionados con ellos. Si bien la primera idea fue crear materiales multimedia interactivos para ser utilizados en ordenadores y complementar así el trabajo en los simuladores submarinos, pensamos que podríamos llegar a más visitantes si dichos contenidos se trabajaban desde una PDI, una pantalla interactiva de gran tamaño desde la que se gestiona un ordenador[12], de manera que, precisamente por las dimensiones, facilitara las explicaciones de los alumnos y la visualización de los participantes. Tras las gestiones oportunas íbamos a contar con una PDI *Smartboard* por lo que se realizaron dos presentaciones interactivas[13] con el software *Notebook 10.*

El primer rotafolios pretendía dar a conocer las comunidades biológicas del medio marino, conectando los contenidos explicados en los mapas topobatimétricos con las simulaciones virtuales que se iban a desarrollar en el submarino. La presentación contaba con tres bloques claramente diferenciados:

– **Introducción**. Formada por 3 páginas, las dos primeras con información de los participantes en la actividad y las entidades colaboradoras, y una tercera a modo de índice que, a través de imágenes, permite el acceso a las páginas de actividades.

– **Actividades**. En este grupo tenemos 4 páginas. Las tres primeras se corresponden con las actividades propiamente dichas, cada una de una comunidad del medio marino. Se diseñó una estructura similar para todas, cambiando los fondos y los organismos, con una banda superior y otra lateral con organismos móviles; unos «símbolos de calificación»; y una barra de menú lateral con botones de acceso al resto de comunidades y al índice de organismos. La última de las páginas es el *índice* donde aparecen todos los organismos clasificados por grupos, de modo que al pinchar sobre ellos se llega a su información.

– **Contenidos de información de organismos**. 37 páginas en las que se presenta la imagen y la información del organismo, resaltando la comunidad y modo de vida.

Cada visitante tendría que elegir una comunidad y pinchar y arrastrar 5 organismos sobre el fondo, pudiendo consultar previamente la información de alguno de ellos. Finalmente, los alumnos, que guiaban a los visitantes durante todo el proceso, evaluaban las opciones seleccionadas con los símbolos de calificación y su explicación correspondiente (*figura 2*).

---

[12] Alonso, C., Alconada, C., Gallego, D. y Dulac, J. (2009). *La pizarra digital. Interactividad en el aula*, Madrid, Cultiva, Colección Estudios n.º 109, 153 p.

[13] Maroto, R.M. y Gutiérrez, J.L. (2011). *La pizarra digital en el III Finde Científico: Investigando el medio marino*. III Congreso Pizarra Digital. PizarraTic-UNED.

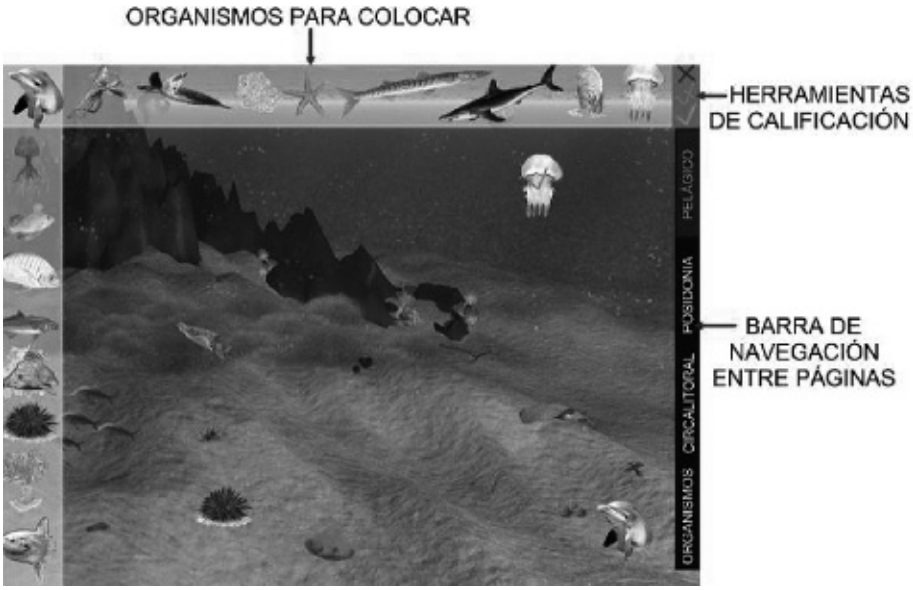


Figura 2. Aspecto y componentes de la pantalla del medio pelágico. Tres organismos colocados son calificados: Aguacuajada correctamente, Delfín medio (pertenece a la comunidad pero no está bien situado) y Erizo incorrecto (imágenes utilizadas con autorización de Zoea y Senderos bajo el Mar).

El segundo rotafolios se pensó para hacer un taller con los niños que pasaran por el *stand*, diseñándose actividades adaptadas, pero sin perder rigor científico. Del mismo modo que en el caso anterior, las páginas estaban agrupadas en una serie de bloques:

– **Introducción**. 3 páginas, las dos primeras las mismas que en el caso anterior y la tercera un índice con una ruleta interactiva que indicaba al azar el juego que se debía realizar. Todas las páginas tendrán vínculos de retorno a este índice.

– **Actividades *Notebook***. 5 páginas con todos los organismos empleados en la actividad previa y que utilizan las propiedades de los objetos para que desaparezcan en caso de ser erróneos. Se trabajó el nombre común, el científico y su pertenencia a una comunidad concreta. Seguimos trabajando contenidos científicos y adquisición de conocimientos.

– **Actividades de la galería de *Notebook* (*Lesson Activity Toolkit*)**. Contiene 11 páginas, 10 realizadas con las actividades *flash* del programa, y la última con la imagen de un laberinto de manera que se pudiera escribir sobre la pizarra con la tinta digital (*figura 3*).

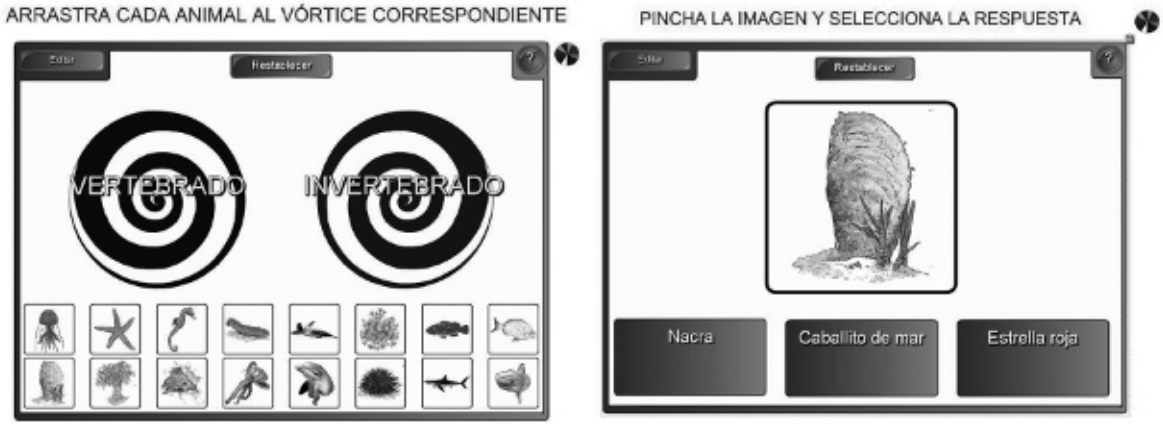


Figura 3. Dos ejemplos de actividades interactivas creadas con *Lesson Activity Toolkit* (imágenes utilizadas con autorización de Zoea y Senderos bajo el Mar).

El submarino y los juegos Navimar

La tercera y última sección del *stand* consistía en la recreación de la cabina de un submarino con todo el *atrezzo*, luces y sonidos necesarios para envolver a los visitantes en sensaciones que les hicieran sentir como verdaderos pilotos en la inmersión a los fondos marinos que iban a realizar a través de simuladores virtuales.

Los juegos de ordenador *Navimar* son juegos educativos elaborados por el IEO a partir de mapas tridimensionales reales del fondo marino, con integración de fauna y elementos medioambientales, y cuyo principal objetivo (IEO, 2005) es mostrar de forma lúdica e interactiva algunos aspectos que se desarrollan en dicho organismo público dedicado al estudio multidisciplinar del mar. Para entender mejor los misterios del mar, proponen en la contraportada de los CdROM la búsqueda de jóvenes investigadoras e investigadores dispuestos a pilotar el submarino KSI SUNDE. Los contenidos digitales se agrupan en dos bloques, el primero una aventura gráfica con fichas didácticas sobre hábitats submarinos, oceanografía física y geología marina, y que principalmente fue la que se desarrolló en el *Finde Científico*, con los alumnos como guías de la misión e instructores del público participante en el manejo del teclado de los ordenadores. Los visitantes tenían la misión de pilotar el citado submarino para conseguir, antes de agotar el oxígeno, el mayor número de fichas distribuidas por el paisaje submarino, fiel reproducción de modelos digitales del terreno reales. A lo largo del juego las fichas se encuentran en tres esferas de diferentes colores en las que se debe hacer diana, las esferas naranjas con contenidos didácticos de oceanografía física, las verdes de geología marina y las azules de hábitats caracterísctcos de cada zona. Asimismo, en el interior de las esferas azules se muestran las principales características del hábitat de estudio y es posible estudiar los peces que lo habitan. El segundo bloque de contenidos agrupa los contenidos extra que, si bien no fueron utilizados en el *stand* por falta de tiempo, sí fueron empleados para preparar la actividad y los temas que se iban a trabajar. Dichos contenidos comprenden información sobre el IEO, fichas técnicas, mapas publicados por el organismo, modelos digitales del terreno con el software necesario para su representación tridimensional, y algunos vuelos virtuales en formato vídeo realizados sobre los modelos digitales.



Figura 4. Componentes del submarino: Vista general y juego (arriba) y ambientación accesoria (abajo).

Para la construcción del submarino necesitábamos crear un entorno angosto y que diera cierta sensación de claustrofobia. Para ello se utilizó una red de mallazo de 2 × 5 m convenientemente curvada en la que a duras penas se podía estar de pie en la parte central. Como parte de la decoración que ayudó a conseguir el efecto deseado en los tres pilotos de cada ordenador (uno por juego) y amenizar a los que estaban en espera, distribuimos 4 miniportátiles en un periscopio y un ojo de buey, cada uno con la proyección de vídeos que simulaban la superficie y el medio marino respectivamente, en un sónar y un radar activos de forma continua tanto en la imagen como en el audio con sonidos de submarino y del océano. Además, el decorado se completaba con mapas, cartas marinas, imágenes de organismos marinos y distintos instrumentos de adorno (lupas, llaves de paso, etc.) iluminados con luces de neón que ambientaban la cabina (*figura 4*). En conjunto toda una experiencia para el público de todas las edades que pasó por allí.

CONCLUSIONES

Consideramos que los objetivos se han cumplido con creces y el grado de satisfacción ha sido grande en todo lo acontecido desde que se hizo la propuesta en el Departamento de Biología y Geología y pasando por todas las etapas descritas. El desarrollo de la actividad durante el evento central, el *Finde Científico*, fue muy buena, con una afluencia de público considerable que incluso tenía que hacer cola para poder acceder y que creemos se llevó muy buena impresión del trabajo desarrollado por todo el equipo, además de las nociones básicas que pretendíamos transmitir.

El trabajo de los alumnos en todo momento estuvo por encima de lo esperado, tanto en la preparación como en la participación, aporte de ideas y fomento del buen clima de trabajo. Sus explicaciones a los visitantes durante los dos días del *Finde*, en la celebración del Día del Medio Ambiente en el IES y en la jornada de *Investigadores del Futuro*, fueron excepcionales, mostrando grandes cualidades y competencias y haciendo que hasta los más expertos los felicitaran por «haber aprendido algo nuevo». En definitiva, el aprendizaje de un medio ambiente, el marino, por parte del público en general y los alumnos en particular, desconocido y enigmático, desde una perspectiva científica, cercana y lúdica.

Consideramos que este tipo de actividades y experiencias enriquece tanto a alumnos como a profesores y vincula nuestra pasión por la Educación y la Ciencia, permitiendo que la primera salga del aula y conecte y acerque a la sociedad la segunda.

AGRADECIMIENTOS

Esta actividad no habría sido posible sin la participación y la buena actitud de los alumnos y alumnas **Karen Guzmán**, **Agustina Jiménez**, **Yuri Marcela López**, **Jaime Martínez-Larraz**, **Tamara Montero**, **Álvaro Pérez**, **María Sainz**, **Laura Toro** y **Sara Usuga**. Asimismo, debemos agradecer al ***IES Sierra de Guadarrama*** su apoyo y disponibilidad en todo momento para llevar a cabo el proyecto, al igual que al ***Departamento de Biología y Geología*** y a las aportaciones del resto del profesorado.

Además, tenemos que agradecer la colaboración al ***IEO***, que nos facilitó los mapas y los programas de ordenador; a ***Smart***, que nos cedió una PDI completa y su logística (especialmente a **Ainhoa Marcos**, consultora educativa), y a ***Senderos bajo el Mar*** y ***Zoea*** por las imágenes y contenidos para las actividades. Finalmente, a los organizadores del evento ***FECYT*** y ***MUNCYT***, que nos permitieron participar y llevar nuestra propuesta científico-tecnológica a todos los visitantes del ***III Finde Científico***.

Experiencias educativas en el CFA «La Chimenea»: role-play «congreso de buenas prácticas ambientales»

Anna Céspedes Dupuy
María del Mar Ruiz-Calero Bote
Ana María Salcedo Polo

CENTRO DE FORMACIÓN AMBIENTAL PARA PROFESORES «LA CHIMENEA» ARANJUEZ
(Dirección General de Mejora de la Calidad de la Enseñanza. Subd. General de Formación del Profesorado
Consejería de Educación y Empleo de la CAM)
Complejo Agropecuario «San Isidro» s/n 28300 Aranjuez
ge.chimenea@educa.madrid.org

Palabras clave: Educación ambiental, buenas prácticas ambientales, técnicas de juego de rol, educación secundaria, experiencias educativas.

Keywords: Environmental education, good environmental practice, role-playing, secundary education, educational experience.

Resumen

La Educación Ambiental abarca gran cantidad de contenidos de carácter multidisciplinar y de difícil transmisión y comprensión para el alumnado de educación secundaria si nos atenemos únicamente a la metodología clásica de las clases magistrales. Se hace necesaria la implementación de nuevas metodologías didácticas que, por su naturaleza, se ajusten más a las características de la Educación Ambiental, como es la técnica de *role-playing*. En este trabajo se presenta un ejemplo práctico de la aplicación de esta metodología a la enseñanza de la Educación Ambiental en centros de educación secundaria.

Abstract

Environmental education adressess multiple and multidisciplinary aspect that makes its transmission and comprenhesion a hard taste for secondary education students. Magistral Classes are not enough and other more adapted methodology is needed to implement. Role-playing is an useful educational tool, adapted to Environmental Education requirements. The present work is a practical example of this methodology applied to the teaching of the Environmental Education in Secondary education schools.

Introducción

El concepto de Educación Ambiental se ha ido conformando a medida que han evolucionado ciertos aspectos vinculados a ella, pasando en sus orígenes en los años 70 de planteamientos basados en la correc-

ción de los problemas ambientales que surgen de los estilos de vida actuales, dotados de un claro matriz conservacionista, como se recoge en la Conferencia de Estocolmo en Suecia, 1972 (1) hasta una visión integradora del concepto, donde se tienen en cuenta las interdependencias existentes entre el medio natural y las condiciones socio-económicas, quedando reflejado esto último en la Cumbre de la Tierra y Foro Global Ciudadano de Río de Janeiro, 1992.

Fue en la Conferencia de Tbilisi en Moscú, URSS, en 1987, (2) donde se propuso una estrategia específica para la acción en el campo de la Educación Ambiental declarándose que esta no solo debía buscar la sensibilización, sino también modificar actitudes, proporcionar nuevos conocimientos y criterios y promover la participación directa y la práctica conjunta para abordar la resolución de los problemas ambientales. De algún modo se planteó un nuevo paradigma de educación basado en una pedagogía de la acción y para la acción, cuyos principios básicos eran la compresión de la interrelación profunda entre la economía, la política y la naturaleza y la necesidad de entender el medio ambiente en su totalidad.

Para abordar, pues, la enseñanza en Educación Ambiental ateniéndonos a lo mencionado, se hace necesaria la puesta en valor de nuevas prácticas docentes alejadas de las clases magistrales, donde el alumnado se sensibilice y adquiera nuevas actitudes y aptitudes enfocadas a la acción.

El Centro de Formación Ambiental «La Chimenea» (a partir de ahora CFA «La Chimenea»), perteneciente a la Red de Formación del Profesorado de la Dirección General de Mejora de Calidad de la Enseñanza, de la Consejería de Educación y Empleo de la Comunidad Autónoma de Madrid, recoge el espíritu de Tbilisi y de Cumbres posteriores y plantea un conjunto de experiencias didácticas en Educación Ambiental destinadas a un amplio abanico de público, entre los que se hallan el alumnado y profesorado de Educación Primaria, de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), Educación Secundaria no obligatoria (Ciclos Formativos y Bachillerato) y otras modalidades como la Educación para adultos o la Educación Especial.

La presente experiencia educativa «Congreso de Buenas Prácticas Ambientales» reúne los requerimientos de la práctica docente en Educación Ambiental con las características de la técnica de *role-playing*, que se adapta de manera especial a dichos requisitos.

METODOLOGÍA

La técnica de *role-playing* está incluida dentro de las dinámicas de grupo. También conocida como dramatización o simulación, y consiste en la interpretación de un papel o rol en el contexto de una historia real o ficticia propuesta, de tal forma que quien la interpreta se «ponga en el lugar» y adquiera una comprensión de la situación de forma profunda y esclarecedora. Con la técnica de *rol-playing*, este hecho se puede lograr no solo en los que participan como «actores», sino en todo el grupo que actúa como observador.

Las ventajas que ofrece este procedimiento son múltiples y variadas, siendo lúdico, divertido y motivador. Por otro lado, favorece la empatía y mejora la compresión de procesos sociales complejos. Permite construir activamente el conocimiento, fomenta la comunicación en el grupo y aumenta la participación.

Por otro lado, hay que tener en cuenta algunas consideraciones importantes:

– Su buen desarrollo requiere gran cantidad de tiempo.

– Al exponer públicamente a los participantes puede generar en ellos ciertas inhibiciones.

– Puede desvirtuar los objetivos de aprendizaje al enfocar la atención hacia temas de la representación que no son los centrales.

La técnica de *rol-playing* es poco efectiva para la transmisión de ciertos contenidos; no obstante, es una herramienta de gran utilidad para trabajar en Educación Ambiental, porque permite la adquisición de un conocimiento profundo de temas sociales en los que intervienen múltiples variables, favoreciendo la sensibilización y adquisición de actitudes y aptitudes que conducen a una visión global y crítica del problema. (LÓPEZ BARBERA, E., 2000).

Por otro lado, en el CFA «La Chimenea», nos cuestionamos cuáles, entre todos los contenidos que se abordan en el centro, serían los más adecuados para trabajar con este procedimiento, considerando finalmente como un tema especialmente oportuno, la introducción al conocimiento de las prácticas ambientales de bajo impacto o buenas prácticas ambientales (BPA), así como un acercamiento a algunos productos ecológicos existentes en el mercado. En nuestra opinión, es importante dar a conocer dichas prácticas al alumnado y profesorado de Educación Secundaria, entendiendo básica su capacitación en este aspecto debido a la necesidad urgente que tiene nuestra sociedad de combatir la crisis ambiental generada por el método socio-económico vigente. La implementación cotidiana de BPA, entendidas como el conjunto de acciones encaminadas a minimizar los impactos sobre el medio generados por nuestra forma de vida, conducirá, sin duda, a una mejora de las condiciones ambientales de nuestro mundo. (ARIÑO y ASOCIADOS ABOGADOS, 2004).

Otro aspecto que justifica esta elección es el hecho de que el trabajo en el aula sobre esta materia, en forma de clase magistral, se nos antoja poco motivador y atrayente para el alumnado. Asimismo, debido a que incluye numerosos aspectos sociales, creemos que la sensibilización y la adquisición de actitudes positivas hacia las BPA podrían ser favorecidas por la aplicación de la técnica propuesta.

OBJETIVOS GENERALES

Pretendemos, pues, aplicar la técnica de los juegos de rol a la adquisición de conocimientos sobre BPA y productos ecológicos, así como la modificación de actitudes y la promoción de la participación directa del alumnado para abordar, en cierta medida, la resolución de la crisis ambiental.

Entre los objetivos concretos perseguidos con esta actividad estarían los siguientes:

– Que el alumnado adquiera de manera rápida y global conocimientos con respecto a determinadas prácticas ambientales de bajo impacto y productos ecológicos, así como su importancia e interés social.

– Que el alumnado desarrolle aptitudes relativas a la toma de decisiones y al trabajo en equipo.

– Potenciar la creatividad y mejorar la capacidad de entender y solucionar problemas de múltiples variables en los que se mezclan diferentes elementos e intereses.

– Identificar al alumnado con el problema planteado y fomentar la reflexión crítica sobre las actividades y comportamientos que en él están implicadas.

DESTINATARIOS Y DURACIÓN

Esta experiencia educativa está dirigida al alumnado y profesorado de Educación Secundaria Obligatoria (ESO). Concretamente, se viene practicando con grupos que cursan 3.º y 4.º de ESO. Es conveniente que el grupo de trabajo cuente con un mínimo de veinte alumnos y un máximo de treinta o treinta y cinco. La duración total de la dinámica será de 180 minutos, desarrollándose a lo largo de dos sesiones de noventa minutos cada una.

RECURSOS Y MATERIALES

Para la realización de esta práctica serán necesarios los siguientes recursos humanos: de 3 a 6 educadores o profesores que coordinen la preparación del *rol-playing* y su puesta en escena.

Entre los recursos materiales que se precisan para el desarrollo de la dinámica se encuentran, entre otros:

– Productos ecológicos.

– Fichas informativas de productos ecológicos y de buenas prácticas ambientales.

– Fichas con las especificaciones de cada rol.

– Cartel del congreso.

– Mesas y sillas.

– Micrófonos.

– Cámara de vídeo.

– Folios y bolígrafos.

– Atrezo: chaquetas, corbatas, sombreros.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

El desarrollo de esta experiencia educativa se diferencia en cuatro fases contrastadas: la propuesta a los centros participantes, la preparación de la dinámica, la escenificación del *rol-playing* y el análisis de la dinámica. A continuación se exponen con mayor detalle cada una de ellas:

FASE 1. PROPUESTA A LOS CENTROS PARTICIPANTES

De forma preliminar, en el CFA «La Chimenea» se planifican y clarifican los objetivos que se pretenden conseguir con esta práctica. Una vez realizado esto, se pasa a plantear a los centros educativos su participación en la actividad, así como se les suministra la información básica relativa a la propuesta de trabajo.

Hay que considerar que la realización de esta técnica requiere ciertas habilidades y un alto grado de madurez en el grupo. Asimismo, es preciso conocer las destrezas de los participantes y su competencia en la representación de los distintos papeles, valorando cuidadosamente a quien se los adjudicamos. Obviamente, son los profesores que trabajan con el grupo asiduamente los que conocen mejor al alumnado y, por ello, serán las personas más idóneas para encargarse de la distribución de los roles.

FASE 2. PREPARACIÓN DE LA DINÁMICA

En primer lugar se dividirá al grupo en tres subgrupos de trabajo, ocupándose el primero de ellos de desarrollar los papeles relativos a las buenas prácticas ambientales que se enuncian a continuación:

– Ocio sostenible.

– Movilidad sostenible.

– Banco de Tiempo.

– Las tres erres.

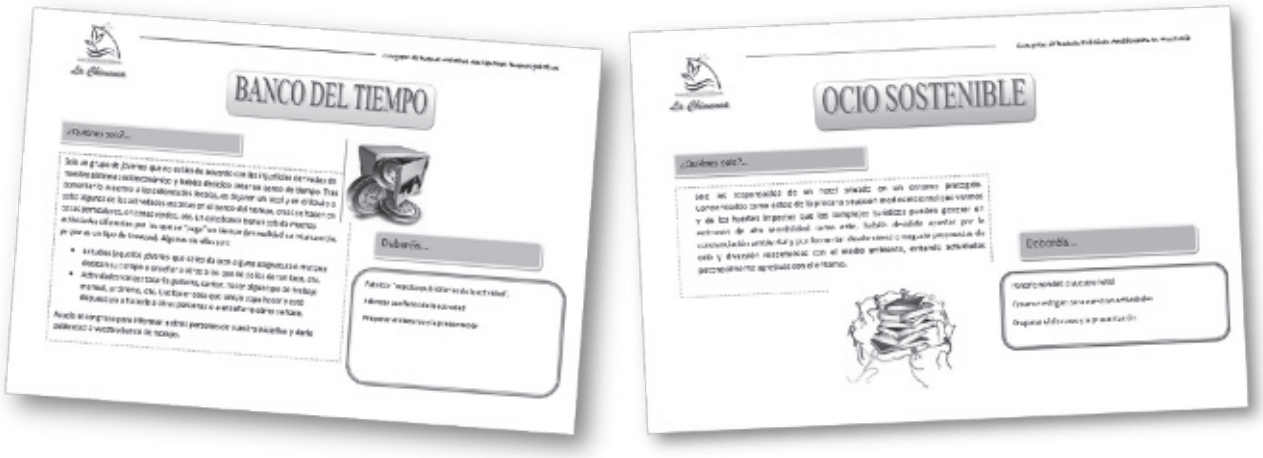


Figura 1. Ejemplos de fichas con información sobre los roles.

Un segundo grupo se ocupará de los productos ecológicos, entre los que se encuentran los pañales, aireadores, envoltorios para bocadillos y huevos ecológicos.

Finalmente, los alumnos del tercer grupo asumirán los papeles de «otros asistentes al congreso», entre los que figuran: un reportero o reportera y un técnico de imagen (cámara), una azafata o azafato, un grupo de consumidores y un grupo de empresarios. Su labor consistirá en dar mayor veracidad a la escenificación e introducir, en la medida de lo posible, el debate durante la misma.

La clarificación y estudio de los roles se realizará bajo la supervisión de un profesor o educador. Para ayudar en este proceso, se suministrará una ficha con información pormenorizada sobre cada papel. Así, los participantes dispondrán de fichas detalladas de cada producto ecológico, especificándose en qué consiste, qué ventajas o desventajas tiene su uso y otras informaciones complementarias.



Figura 2. Muestra de atrezo y productos ecológicos.

En el caso de las BPA, una ficha doble describe con más detalle los roles a asumir, pormenorizándose, por un lado, en qué consiste la práctica y, por otro lado, describiendo los personajes a representar (ver *fig. 1*). No obstante, en la primera fase, donde tiene lugar el reparto de roles, los participantes habrán sido invitados a realizar pequeñas indagaciones y ampliar la información que se aporta mediante medios bibliográficos y otros recursos, con objeto de completar la caracterización de su rol. Este hecho servirá además como elemento motivador de esta parte de la técnica.

Con respecto a la preparación del tercer grupo «otros asistentes al congreso», los participantes que actúen como público, consumidores o empresarios, deberán elaborar preguntas dirigidas a los participantes de los otros dos grupos, con objeto de provocar controversia y sacar a relucir aspectos positivos y negativos de las BPA y los productos ecológicos que se están trabajando. Para ayudarles a elaborar estas preguntas les informaremos de cuáles son las buenas prácticas ambientales que se van a exponer en la dinámica, así como los productos ecológicos, explicándoles qué son, en qué consisten y cómo se utilizan, en caso de que no los conozcan, y clarificando todas las dudas que les vayan surgiendo. Asimismo, en el caso de los productos ecológicos, se dispondrá de una muestra de los mismos, lo que contribuirá a un mejor conocimiento de estos artículos (ver *fig. 2*).

Una parte importante de esta fase de preparación del juego la ocupa la planificación y realización de elementos de atrezo, donde el alumnado podrá plasmar, si así lo considera, aquellas propuestas creativas que aderecen su actuación.

FASE 3. ESCENIFICACIÓN DEL *ROL-PLAYING*

Una vez preparados los papeles, el alumnado dispondrá de unos sesenta minutos aproximadamente para la escenificación de la dinámica.

En un espacio suficientemente grande se dispondrán mesas y sillas a modo de U, será en ellas donde se situarán los «ponentes» del congreso, mientras que en el centro de la figura se ubicarán varias sillas para los participantes que tienen roles en el grupo de «otros asistentes al congreso» u otros observadores que presencien la «función» (ver *fig. 3*).

Una vez presentada la actividad por la persona encargada de moderar el congreso, dará comienzo la representación del mismo, donde, por turno de palabra, los distintos «ponentes» irán presentando sus propuestas. Finalmente, una vez expuestas las buenas prácticas ambientales y los productos ecológicos, se iniciará un turno de preguntas dirigidas a los ponentes por parte del grupo de participantes que actúa como público, pudiendo establecerse un debate, si así se dieran las circunstancias.



Figura 3. Momentos de la escenificación.

Durante toda la fase de escenificación, los profesores o coordinadores de la dinámica se abstendrán en lo posible de intervenir salvo por motivos de fuerza mayor. Tampoco importarán los pequeños errores conceptuales que se puedan dar, ya que se están trabajando primordialmente actitudes y los conceptos erróneos podrán ser aclarados en la última fase de la actividad.

Fase 4. Análisis de la dinámica

Estamos ante la fase más importante de la experiencia, donde se extraerán las impresiones de los alumnos, así como se reflexionará sobre el transcurso de la práctica y el contenido de la misma. En esta etapa, el moderador dirigirá, mediante una serie de preguntas, una actividad de reflexión critica que permitirá afianzar conceptos y nuevas actitudes. Las preguntas se dividirán en tres grandes grupos, analizando en el primero de ellos los sentimientos de los participantes y de los observadores durante la escenificación (si les ha gustado, ¿por qué?, ¿cómo se han sentido?, si estaban nerviosos…).

El segundo grupo de preguntas se dedicará a analizar el desarrollo de la dinámica: su temporización, la observación de las normas, el respeto al turno de palabra, el respeto hacia las opiniones de otros participantes, etc. Por último, en el tercer bloque de preguntas, se realizará un análisis crítico sobre el tema central de trabajo: si se conocían las BPA y los productos ecológicos presentados, qué pensamos de ellos, si consideran importante saber sobre ellos y aplicarlos, etc.

A lo largo de esta fase de análisis de la dinámica, los observadores podrán intervenir manifestando sus opiniones desde una perspectiva externa, lo que servirá de contrapunto a las impresiones vertidas por los «actores participantes» en la actividad.

Con objeto de evaluar la eficacia de la técnica y su aceptación, una vez terminado todo, se reparte entre el alumnado y el profesorado participante un cuestionario semi-cuantitativo, donde se valoran del 1 al 5 una batería de ítems que nos aportarán información relevante acerca del proceso de enseñanza-aprendizaje. Entre los ítems evaluados se incluyen preguntas acerca del nivel de conocimientos previos que poseían los participantes sobre el tema trabajado, el grado de instrucción adquirido sobre el mismo gracias a la dinámica, el grado de adecuación de la experiencia a las expectativas generadas y el grado de satisfacción general.

Análisis y conclusión de la experiencia educativa

Analizados los cuestionarios de evaluación obtenidos durante el tiempo en que se ha puesto en práctica esta experiencia, hemos podido constatar que en un amplio porcentaje de casos, el alumnado adquiere conocimientos básicos acerca del tema de trabajo que no poseía previamente, sensibilizándose por el asunto y mostrando actitudes positivas hacia la implementación de las BPA en su vida diaria a partir del momento en que realiza la actividad. No obstante, hemos observado que el éxito de esta experiencia educativa depende, en gran medida, del grado de madurez del grupo participante, encontrándonos algunos alumnos poco receptivos tanto a la técnica como al asunto tratado.

En general, nos hallamos ante un ejemplo de metodología didáctica, lúdica y motivadora que nos servirá de manera especial para trabajar contenidos de naturaleza ambiental, aunque también es extrapolable a otros contenidos curriculares de naturaleza similar.

La técnica de *rol-playing* posee gran eficacia en la transmisión de conocimientos relacionados con distintos aspectos de la Educación Ambiental, constituyendo una útil herramienta didáctica en este ámbito educativo. No obstante, se requeriría un estudio pedagógico más amplio y detallado para contrastar definitivamente el éxito comparativo de este procedimiento, trabajando, por un lado, las BPA con metodologías tradicionales como la clase magistral, y contrastándolas, por otro lado, con este sistema más novedoso.

BIBLIOGRAFÍA

LOPEZ BARBERA, E. (2000). *Introducción al role-playing pedagógico.* Desclee de Brouwer, Bilbao.

FRANKLIN CÓRDOBA, C. (1998). *Fundamentos pedagógicos para la Educación Ambiental*; Universidad de Córdoba (Colombia) Fondo editorial.

ARIÑO Y ASOCIADOS ABOGADOS (2004). *Guía de Buenas Prácticas Ambientales.* Ecoiuris, S.A.

WEBGRAFÍA

(1) http://www.prodiversitas.bioetica.org/doc89.htm

(2) http://www.ambiente.gov.ar/infotecaea/descargas/tbilisi01.pdf

Centro de formación ambiental «La Chimenea». Nuestra oferta educativa

María del Mar Ruiz-Calero Bote, Anna Céspedes Dupuy, Ana María Salcedo Polo

CENTRO DE FORMACIÓN AMBIENTAL «LA CHIMENEA»
Cortijo de San Isidro. 28300 ARANJUEZ
mrcbster@gmail.com

Palabras clave: Medio ambiente, educación ambiental, desarrollo sostenible, consumo responsable, formación del profesorado.

Keywords: Environment, environmental education, sustainable development, responsible consumption, teacher training.

Resumen

La educación ambiental aparece en el currículo de las distintas etapas educativas como un tema transversal necesario para la formación integral del alumnado. Los docentes buscamos promover en nuestros alumnos la adquisición de una mayor conciencia del medio ambiente que les impulse a participar activamente en su protección y mejora.

El Centro de Formación Ambiental «La Chimenea» oferta un programa de actividades dirigidas a profesores y alumnos de etapas anteriores a la Universidad, que se diseñan y programan teniendo en cuenta los contenidos curriculares de las etapas educativas a las que van dirigidas.

Nuestro objetivo es proporcionar al profesorado nuevos recursos metodológicos que le permitan tratar estos contenidos de una forma atractiva y motivadora para el alumnado.

Abstract

Environmental Education is included in the National Curriculum at the different educational stages as a transversal subject matter. This is necessary for the integral education of the students. As teachers we seek ways to encourage pupils to be more aware of the environment thus playing a bigger role in its protection and improvement.

The Environment Training Centre «La Chimenea» offers an activity programme for teachers and students of stages previous to university level which are designed and programmed taking into account the curricular contents of the educational stages they were aimed at.

Our objective is to provide the teachers with new methodological resources which will allow them to include the contents in a more attractive and motivating manner.

1. Introducción

Se entiende por medio ambiente el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas. (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Humano. Estocolmo, Suecia, del 5 al 16 de junio de 1972.) A principios del siglo XX y como consecuencia de los daños que las actividades humanas ocasionaban sobre el medio ambiente, surge un interés especial por su estudio, aunque es ya en la década de los 70 cuando se toma conciencia a nivel mundial de la importancia de cuidar el medio y realizar un uso responsable de los recursos.

En España, la Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE), de 3 de octubre de 1990, contempla la formación en el respeto y defensa del medio ambiente y la relación con el entorno social, económico y cultural como principio básico para el desarrollo de la actividad educativa. Para conseguir una formación integral del alumnado, se introduce la educación ambiental como transversal en el currículo de las distintas etapas educativas. Así mismo y teniendo en cuenta que la formación del profesorado constituye un requisito para la mejora de la calidad de la enseñanza, se crean dentro de la Red de Formación Permanente del Profesorado y Apoyo a la Función Docente (Decreto5/2001, de 18 de enero) los Centros de Formación Ambiental para el Profesorado de la Comunidad de Madrid. Son centros de formación de régimen singular, cuya finalidad es la realización de actividades de Formación Ambiental dirigidas al profesorado y alumnado de niveles anteriores a la Universidad. Estos centros tendrán como objeto la ampliación del espacio educativo a través de la realización de experiencias curriculares que favorezcan un mejor conocimiento del medio ambiente y una actitud consecuente y responsable para su conservación y mejora.

2. Centro de formación ambiental «La Chimenea»

El centro de formación ambiental «La Chimenea» se ubica en un complejo agropecuario situado a las afueras de Aranjuez, cerca del Real Cortijo de San Isidro, construido durante el reinado de Carlos III para desarrollar actividades agrícolas.

Nuestras instalaciones cuentan con residencia, comedor, talleres, laboratorio, instalaciones deportivas, huerto con un aula taller, invernadero y umbráculo y amplios jardines. (*Figura 1*).

Nuestros objetivos:

1. Favorecer el desarrollo de una mayor conciencia del medio ambiente.
2. Promover conductas de consumo responsable que permitan alcanzar un desarrollo sostenible.
3. Proporcionar al profesorado recursos metodológicos que le permitan incorporar la Educación Ambiental en sus programaciones didácticas.

Nuestras actividades:

Son experiencias de carácter práctico en cuyo diseño y programación se tiene en cuenta la relación entre los contenidos de las actividades propuestas y el currículo de las etapas educativas a las que van dirigidas.

Nuestras experiencias educativas van dirigidas a 2.º y 3.º ciclo de Educación Primaria, Enseñanza Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional, Educación de Adultos y Educación Especial. Las estancias oscilan entre 1 y 4 días.

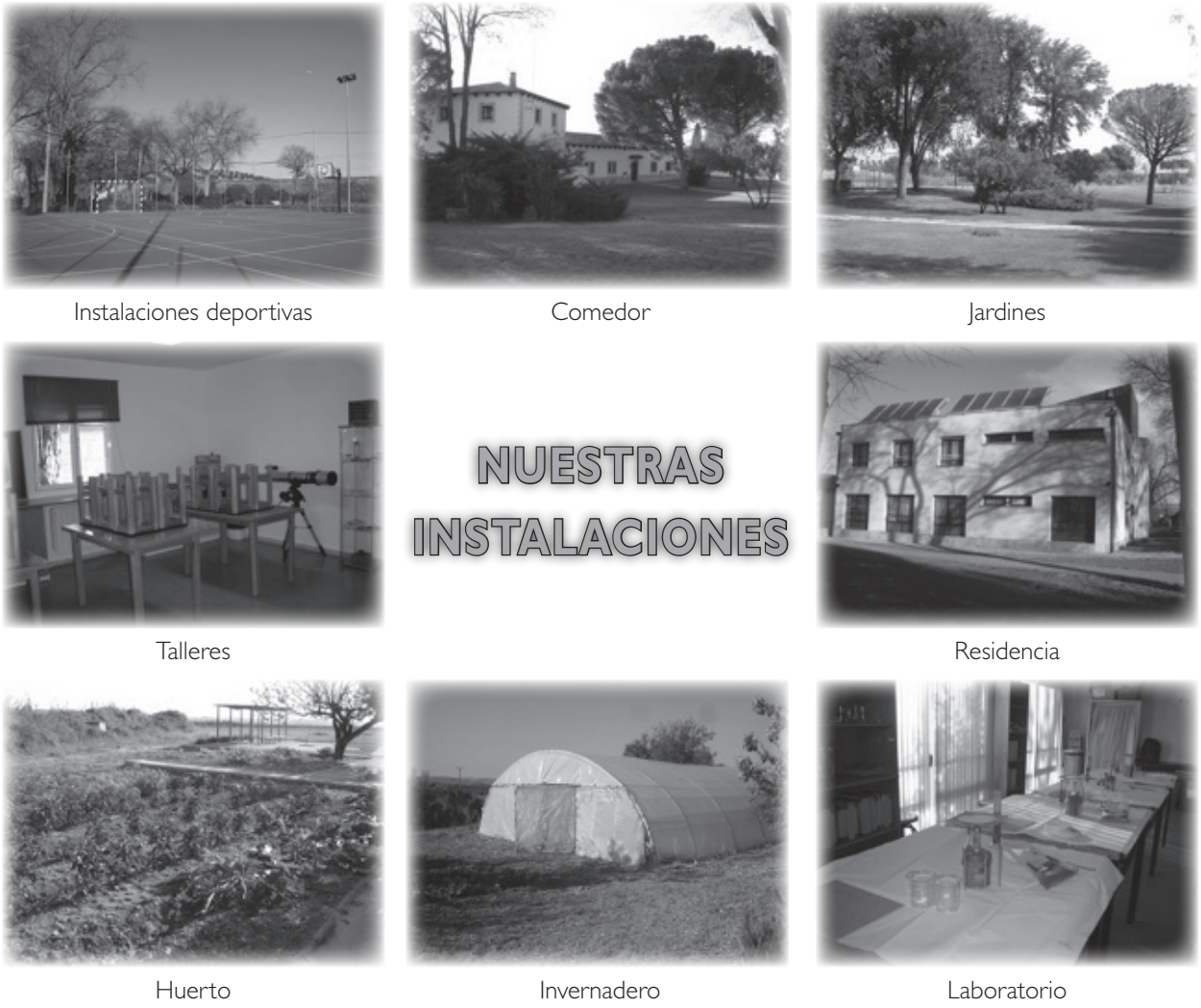


Figura 1. Imágenes de las instalaciones del CFA «La Chimenea».

3. Oferta educativa

1. Experiencia educativa: «Los seres vivos y el medio»

Nivel educativo al que va dirigido: 3.º y 4.º de Educación Primaria

Bloques de contenidos: (*Figura 2*)

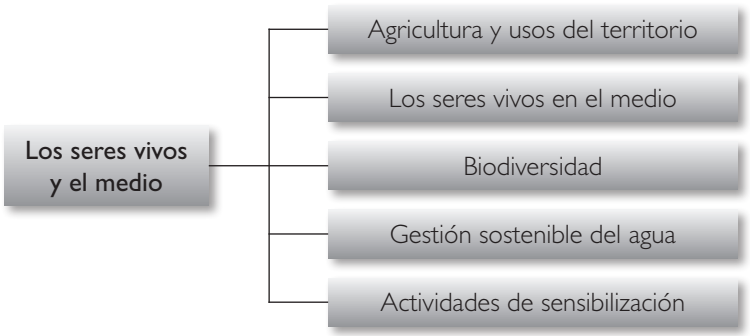


Figura 2. Bloques de contenidos de la experiencia educativa «Los seres vivos y el medio»

BIODIVERSIDAD: mediante actividades diversas como juegos, narraciones o talleres, los alumnos descubren los elementos de los ecosistemas, las relaciones que se establecen entre ellos y, de una forma muy básica, el funcionamiento de los mismos, llegando así a comprender la importancia de la biodiversidad y de su mantenimiento.

AGRICULTURA Y USOS DEL TERRITORIO: se trabajan diferentes aspectos relacionados con la agricultura, se realiza la molienda del cereal y se elabora pasta de sal para actividades de modelado. Se estudia la evolución del paisaje y la interacción del hombre con el mismo. Se hace una reflexión sobre la importancia de realizar una buena gestión del uso del suelo para conservar la biodiversidad.

LOS SERES VIVOS EN EL HUERTO: con esta actividad, los alumnos disfrutan de una interacción directa con el medio natural, realizan labores propiamente hortícolas como la preparación de la tierra, semillado, trasplante, siembra directa y recolección de frutas y hortalizas según la estación. También estudian las funciones que desempeñan los invertebrados en el desarrollo de los vegetales y recogen algunos ejemplares para su observación posterior en el laboratorio, en el que, con la ayuda de lupas binoculares y sencillas claves dicotómicas, los alumnos intentarán identificarlos.

GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA: se estudia el agua como elemento necesario para la vida, sus características, su ciclo en la naturaleza, los usos que hace el hombre de este recurso y la importancia de hacer una gestión sostenible del mismo. Se construye una depuradora para estudiar el proceso de la depuración y reutilización del agua. Se realiza un estudio comparativo de los distintos sistemas de riego, comprobando que algunos sistemas permiten el desarrollo óptimo de las plantas con poco gasto de agua.

SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL: este bloque de contenidos se desarrolla por las tardes, que son momentos más relajados, y mediante juegos, talleres y actividades de dramatización, los alumnos reflexionan sobre el impacto ambiental de determinadas actividades humanas, valorando la importancia de un cambio de actitud para reducirlos.

2. Experiencia educativa: «Energía y medio ambiente»

Nivel educativo al que va dirigido: 5.º y 6.º de Educación Primaria

Bloques de contenidos: (*Figura 3*)



Figura 3. Bloques de contenidos de la experiencia educativa «Energía y medio ambiente».

FLUJO DE ENERGÍA EN LOS SERES VIVOS: se estudia la entrada de la energía en los ecosistemas y el flujo a través de los seres vivos. Se trabaja el concepto de nutrición, tipos, los nutrientes como fuente de energía, la relación entre alimentación y salud y la evolución de los hábitos alimentarios asociada al desarrollo tecnológico de la sociedad. Se trata el origen de los alimentos, tipos de cultivo, explotaciones ganaderas y el paisaje como recurso. Para concluir, se realiza una reflexión sobre la sostenibilidad ambiental de los alimentos y la necesidad de realizar un consumo responsable.

ESTUDIO DE UN ECOSISTEMA ANTROPIZADO. «EL HUERTO»: se trabajan dos bloques de actividades bien diferenciadas, por un lado se realizan labores propiamente hortícolas y por otro se estudia el huerto como ecosistema, realizando el estudio comparativo de tres zonas distintas mediante el sistema de cuadrículas distribuidas al azar analizando los factores bióticos y abióticos de este ecosistema.

SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA: con las actividades propuestas se pretende aproximar al alumnado al concepto de energía, sus tipos, sus transformaciones e impactos ambientales generados por el elevado consumo que tiene lugar en las sociedades más desarrolladas. Mediante diversas actividades se trabaja el coste ambiental que conlleva el uso irracional de los recursos y la necesidad de modificar nuestra conducta con respecto al consumo energético.

METEOROLOGÍA Y MODELADO DEL RELIEVE: se trabajan los conceptos de clima y tiempo atmosférico y su relación con el desarrollo de los seres vivos, el funcionamiento del ciclo del agua, el modelado del relieve y el aprovechamiento de algunas fuentes energéticas. Se estudian los distintos tipos de nubes y su relación con el estado del tiempo y se introduce el manejo de los instrumentos de la caseta meteorológica y la interpretación de los datos. Por último, se realiza un trabajo sobre la geología de la zona a través del estudio de muestras de rocas y minerales de nuestro entorno.

CONSUMO RESPONSABLE: bajo este epígrafe se incluyen un conjunto de actividades de sensibilización que se desarrollarán por la tarde. Una de estas actividades es el «Trueque y banco de tiempo», con esta actividad se pretende que tanto alumnos como profesores conozcan sistemas alternativos de intercambio de bienes y servicios. Con la actividad «La cesta de la compra» se pretende fomentar el consumo responsable y promover el trabajo en equipo. También se realizan actividades de expresión y talleres de reciclado.

3. Experiencia educativa: «Estudio ecológico de un ecosistema»

Nivel educativo al que va dirigido: 1.º y 2.º de Enseñanza Secundaria

Bloques de contenidos: (*Figura 4*)

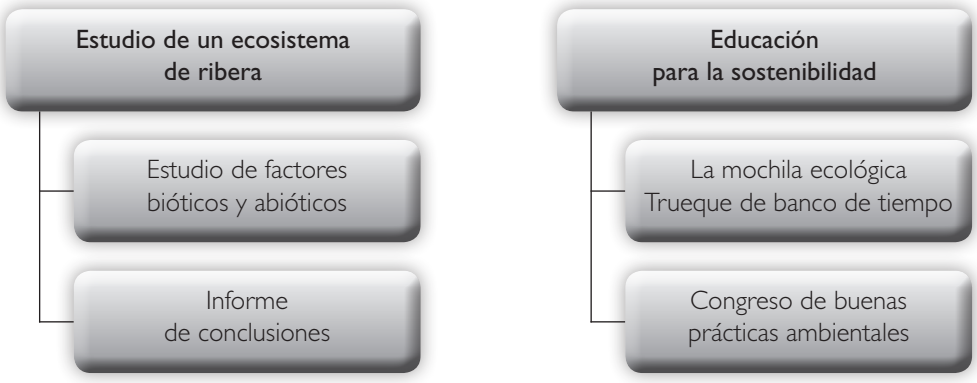


Figura 4. Bloques de contenidos de la experiencia educativa «Estudio ecológico de un ecosistema».

ESTUDIO DE UN ECOSISTEMA DE RIBERA: el estudio se lleva a cabo en una zona del río Tajo, mediante un muestreo con cuadrículas distribuidas al azar. Se determinan algunas características del aire, agua, suelo, porcentaje de cobertura vegetal y estado de la vegetación, así como un estudio de la fauna acuática y terrestre. Posteriormente, en el laboratorio, se realiza un estudio microscópico de muestras y mediante claves dicotómicas sencillas se realiza la clasificación de los invertebrados observados. Se elaboran fichas botánicas de algunas de las especies vegetales observadas y toda la información se recoge en un informe final de datos y conclusiones.

EDUCACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD: se proponen dos actividades, «La mochila ecológica» y un juego de rol sobre «buenas prácticas ambientales». Este bloque de actividades se lleva a cabo por las tardes.

«La mochila ecológica» es una *gymkana* a través de la cual los alumnos podrán estudiar la huella del carbono de dos productos muy conocidos por los adolescentes, un pantalón vaquero y un teléfono móvil. Con este juego se pretende acercar al alumnado al verdadero coste ambiental de estos productos, desde la extracción de las materias primas hasta la eliminación de los mismos. Se pretende que los alumnos reflexionen sobre la importancia de realizar un consumo responsable y una buena gestión de los residuos.

En el juego de rol sobre «buenas prácticas ambientales» los alumnos analizan ventajas e inconvenientes de utilizar productos más respetuosos con el medio (aireador para grifos, pañales ecológicos, huevos ecológicos, etc.) y de realizar prácticas ambientales de bajo impacto (movilidad sostenible, ocio sostenible, banco de tiempo, etc.) con respecto a los productos y prácticas habituales.

4. Experiencia educativa: «Impactos ambientales en los ecosistemas»

Nivel educativo al que va dirigido: 3.º y 4.º de Enseñanza Secundaria

Bloques de contenidos: (*Figura 5*)



Figura 5. Bloques de contenidos de la experiencia educativa «Impactos ambientales en los ecosistemas».

ESTUDIO DE IMPACTOS AMBIENTALES EN UN ECOSISTEMA DE RIBERA: la actividad se lleva a cabo en una zona del río Tajo. Se realiza un estudio de las variables ecológicas por transeptos y un análisis de las presiones e impactos ambientales en la zona de estudio. Se recogen muestras de suelo para realizar un análisis edafológico de la misma (granulometría y textura del suelo, determinación de los porcentajes de humedad, materia orgánica y materia inorgánica). También se hace un estudio microscópico de pequeños invertebrados de la muestra.

Como conclusión, elaboran un informe que recoge los datos del análisis, los impactos y las propuestas de mejora.

DESARROLLO SOSTENIBLE: Se realiza una sesión informativa sobre diferentes aspectos relacionados con el desarrollo sostenible y, posteriormente, utilizando técnicas de *role-play*, se pretende que los alumnos valoren las repercusiones que las actividades humanas tienen sobre el medio ambiente y desarrollen una mayor conciencia sobre los problemas ambientales. Se ofertan varias temáticas.

5. Experiencia educativa: «Experiencias ambientales para CMC y CTM» (Ciencias para el mundo contemporáneo y Ciencias de la Tierra y medioambientales)

Nivel educativo al que va dirigido: 1.º y 2.º de Bachillerato

Contenidos: (*Figura 6*)

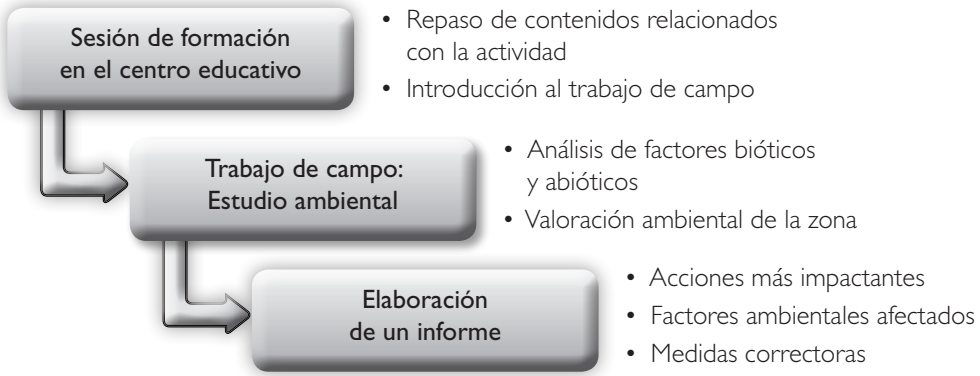


Figura 6. Esquema de la experiencia educativa «Experiencias ambientales para CMC y CTM».

Con el fin de proporcionar al profesorado de ciencias que imparte las materias de CMC y CTM, herramientas que favorezcan su labor docente, se proponen un conjunto de actividades que ayuden al alumnado a entender los problemas ambientales que existen y a asumir nuestra responsabilidad en su prevención y mejora.

La actividad consta de dos sesiones, la primera se realiza en el propio centro educativo para repasar los contenidos relacionados con la actividad y la segunda tiene lugar en la zona de estudio.

Actualmente se ofertan dos actividades:

1. Estudio del impacto generado por la instalación de una gravera.
2. Estudio del impacto generado por la construcción de restaurante junto al río.

Trabajo de campo: los alumnos realizan el análisis de las variables ecológicas del ecosistema y la valoración ambiental de la zona y finalmente elaboran un informe que refleje las acciones más impactantes, los factores ambientales más afectados y las medidas correctoras.

Estamos diseñando dos actividades nuevas para ofertar el próximo curso: «Polímeros y medio ambiente» y «Medio ambiente y salud».

6. Experiencia educativa: «Responsabilidad ambiental en el mundo laboral»

Nivel educativo al que va dirigido: Formación Profesional

Contenidos: (*Figura 7*)

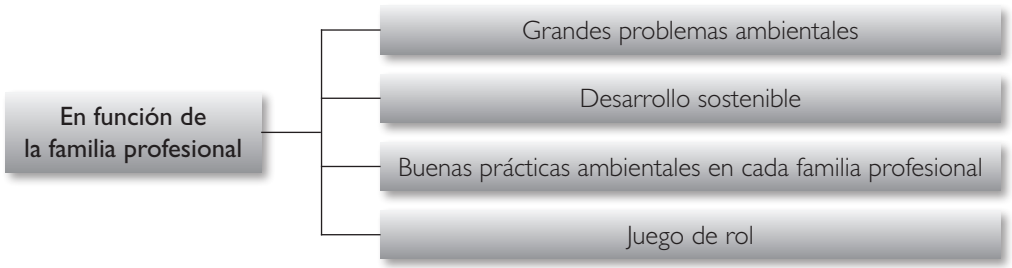


Figura 7. Esquema de la experiencia educativa «Responsabilidad ambiental en el mundo laboral».

Esta experiencia educativa ofrece al profesorado de Formación Profesional recursos que le permitan trabajar contenidos medioambientales relacionados con la familia profesional correspondiente a los ciclos formativos que imparte.

Se tratan los grandes problemas ambientales derivados del modelo económico actual y se acerca al alumnado al concepto de desarrollo sostenible. Se repasan algunos aspectos relacionados con las buenas prácticas ambientales inherentes a la actividad de cada familia profesional y se realiza un juego de rol relacionado con las mismas. El objetivo es concienciar al alumnado de la necesidad de desarrollar su actividad profesional generando el mínimo impacto.

7. Experiencia educativa: «Acercamiento al mundo natural»

Nivel educativo al que va dirigido: Educación Especial

Contenidos: (*Figura 8*)

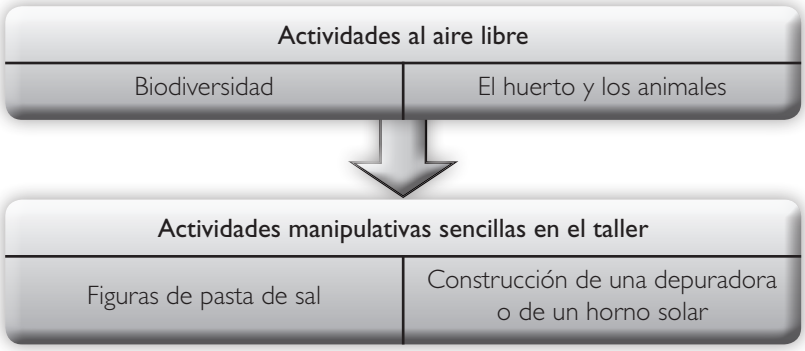


Figura 8. Contenidos de la experiencia educativa «Acercamiento al mundo natural».

Las actividades que ofertamos para este tipo de alumnado se diseñan y programan teniendo en cuenta el tipo de discapacidad, nivel aproximado de los alumnos y sugerencias del profesorado. Generalmente se suelen realizar dos tipos de actividades:

1. Actividades manipulativas sencillas en el taller: construcción de una depuradora, horno solar o modelado con pasta de sal.
2. Actividades al aire libre: El huerto y los animales del entorno.

8. Experiencia educativa: «Nuestra responsabilidad en el desarrollo sostenible»

Nivel educativo al que va dirigido: Educación de Adultos

Contenidos: (*Figura 9*)

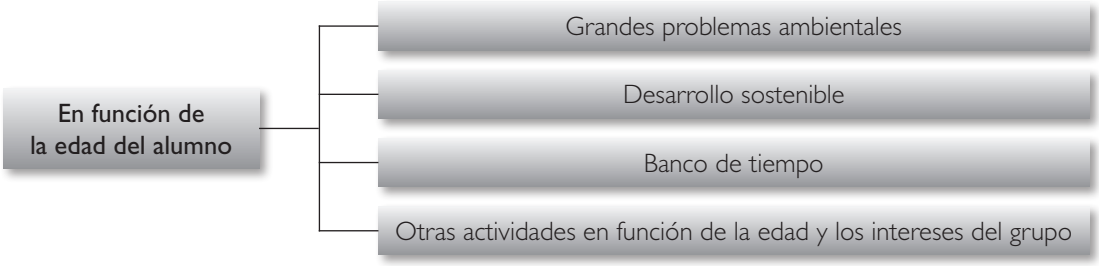


Figura 9. Esquema de la experiencia educativa «Nuestra responsabilidad en el desarrollo sostenible».

Las actividades que se ofertan para esta etapa educativa están en relación con la edad del alumnado y con los intereses de profesores y alumnos. Actualmente se trabajan los grandes problemas ambientales y el concepto de desarrollo sostenible y como actividades prácticas, « El Banco de Tiempo» y «La Agricultura Ecológica».

4. Acceso a nuestro programa de actividades

A través de la convocatoria anual de actividades del Programa de Educación Ambiental.

La información sobre las actividades, modelos de solicitud y plazo de admisión de las mismas, se puede encontrar **en la web del CRIF de las Acacias. Madrid.**

5. Conclusiones

El CFA «La Chimenea» es un recurso en sí mismo y un centro de referencia para el profesorado. Nuestra oferta educativa cumple con los objetivos que inspiraron la creación de estos centros y está sujeta a una revisión constante con el fin de mejorar la calidad de los recursos que ofrecemos y adaptarnos a las necesidades del profesorado.

Bibliografía

Decreto 5/2001, de 18 de enero, por el que se crean los Centros de Formación Ambiental para el Profesorado de la Comunidad de Madrid.

Ecología urbana: un reto para la sostenibilidad

Rosario Morán Cuadrado

Centro de Formación Ambiental Taller de Naturaleza de Villaviciosa de Odón
Avenida de los Viveros, 1, 28670 Villaviciosa de Odón (Madrid)
rmoran@educa.madrid.org

Palabras clave: Ecología urbana, sostenibilidad, huella ecológica, alternativas sostenibles.

Keywords: Urban ecology, sustainability, ecological foot-print, sustainable alternatives.

Resumen

La experiencia educativa que a continuación se expone está enmarcada dentro de los contenidos curriculares de Ciencias para el Mundo Contemporáneo de 1.º de Bachillerato, así como Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente de 2.º de Bachillerato. Se trabajan conceptos relativos a la sostenibilidad ecológica, huella ecológica, problemática ambiental,… dentro de un territorio cercano al alumnado como es la ciudad. El objetivo es la investigación ecología urbana, la identificación de sus problemas ecológicos y sociales, de forma que se pueda llegar a hacer propuestas de mejora en el ámbito urbano, buscando alternativas sostenibles y que generen una mayor calidad social.

Abstract

The educative experience is included in the curriculum of «Science in the contemporary world» and «Earth sciences and the environment» (1.º and 2.º of baccalaureate). The contents are ecological sustainabilily, ecological footprint, environimental problems… in the nearest territory, the city. The target is research the environmental and social problems and found ecological solutions in the way of urban ecology.

Introducción

A lo largo del siglo XX se ha producido un fenómeno de explosión urbana y de concentración de población en grandes ciudades de enorme importancia. Así, en la actualidad, más de la mitad de las personas que habitan en el mundo vive en las ciudades, sobrepasando por primera vez a la población rural. En España, de los 45 millones de habitantes, cerca de 36 millones, el 79 % de la población, vive en áreas urbanas, municipios que superan los 5.000 habitantes (Observatorio de la Sostenibilidad, 2009).

En este contexto, las ciudades, especialmente las de gran tamaño, suponen un gran reto para la sostenibilidad ecológica y equidad social, dada la enorme dependencia que tienen en consumo de energía, materiales y territorio, muchas veces de procedencia cada vez más lejana, y, a su vez, por ser grandes

productores de contaminantes de gases de efecto invernadero, por lo que, hacer frente al cambio climático se ha de canalizar, en gran medida, a través de acciones que se diseñen y se promuevan para las actividades desarrolladas en la ciudad.

Los problemas urbanos no se limitan únicamente a las ciudades, ya que se requieren grandes extensiones de terreno para suministrar a las poblaciones de las urbes todos los recursos que necesitan y para absorber las emisiones y los residuos que producen, generando impactos a escala regional y mundial. Así, la «huella ecológica» de una ciudad puede ser más de cien veces superior al área que ocupa.

Entre 1990 y 2010, se ha producido un aumento de la cantidad de automóviles de entre el 25 y el 30 por ciento, y un incremento del 25 por ciento en el número de kilómetros por vehículo. Este creciente uso del automóvil privado y la implantación creciente de un modelo de urbanismo disperso en el territorio, con segregación de los principales usos de la ciudad en áreas separadas (residencial, industrial, ocio y comercial), supone un incremento de las necesidades de movilidad y graves efectos en impactos ambientales y en la salud de las personas por incremento de contaminación atmosférica.

Un número cada vez mayor de las administraciones municipales han empezado a explorar nuevas formas de alcanzar el reto de la sostenibilidad y la lucha contra el cambio climático, en consonancia con las políticas de la Agenda local 21, entre las que se incluyen medidas para reducir el uso de agua, energía y materiales, una mejor planificación de la explotación del suelo y del transporte, y el uso de instrumentos económicos, fomentando procesos de participación ciudadana. Más de 290 ciudades se han unido ya a la Campaña «Ciudades y Poblaciones Sostenibles de Europa».

La propuesta de apostar por ciudades más sostenibles tendrá que abordar distintos aspectos para conseguir espacios urbanos más ecológicos, socialmente justos y de mayor calidad de vida. Entre ellos podemos destacar:

- La drástica reducción en el uso de combustibles fósiles que son los principales causantes del Cambio Climático (Ecologistas en Acción, 2009).
- Potenciación de la eficiencia energética y de otros recursos en la ciudad.
- El uso de energías renovables y limpias, que supondrán una apuesta de futuro para afrontar el «pico del petróleo».
- El fomento del cierre de ciclos de materiales dentro de la ciudad, minimizando la generación de residuos y promoviendo la recuperación y el reciclaje de basuras.
- El control del ruido a límites adecuados para la salud.
- La planificación urbana con criterios de sostenibilidad, fomentando el modelo urbanístico compacto y la vida de barrio diversa que minimiza las necesidades de movilidad y fomentan la relación vecinal.
- El diseño de viviendas bioclimáticas y rehabilitación de edificios de cascos antiguos con estos criterios. Protección de edificios singulares y monumentales.
- El fomento del transporte colectivo, el uso de la bicicleta y el caminar.
- La potenciación del comercio de cercanía, así como un sistema económico más local.
- El desarrollo de jardinería ecológica, espacios verdes, huertos urbanos y potenciación de la biodiversidad.
- Fomento de un consumo responsable y crítico que tenga en cuenta criterios de sostenibilidad y justicia social.
- Generar procesos de participación ciudadana (Agenda 21 local, movimientos vecinales, asociaciones culturales, grupos ecologistas…).

La experiencia educativa

La experiencia educativa que a continuación se desarrolla se enmarca dentro de la propuesta curricular de las asignaturas de Ciencias para el Mundo Contemporáneo de 1.º de Bachillerato y de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente de 2.º de Bachillerato, titulada «Experiencias Prácticas para una gestión sostenible», en el que se desarrollan temas relacionados con el ámbito científico y el reto de la sostenibilidad.

Esta programación se viene desarrollando desde el curso 2009-10 hasta la actualidad, dentro del programa de actividades del Centro de Formación Ambiental Taller de Naturaleza de Villaviciosa de Odón de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid. Durante el curso 2009-10 se realizaron 5 investigaciones, procedentes de 4 institutos, en forma de experiencia piloto, y durante 2010-11 realizaron la experiencia 16 turnos de 12 centros educativos diferentes (institutos y colegios concertados).

El proceso didáctico se desarrolla en las siguientes fases, realizadas por el profesorado y alumnado de una forma conjunta:

I. Curso de formación al profesorado

En el que se dará a conocer el desarrollo de la programación, su enmarque curricular, el aprovechamiento didáctico de la experiencia, la planificación de las actividades previas a realizar con el alumnado en el centro educativo.

II. Actividades previas en el centro educativo

Con el objetivo de motivar y preparar al alumnado para la investigación, se proponen una serie de actividades relacionadas con la Ecología Urbana. Entre ellas:

- Conocimiento de la actividad a realizar por parte del alumnado, agrupamientos y reparto de tareas.
- Recopilación de información en Internet, noticias de prensa, documentación bibliográfica,… sobre los temas que se abordarán en la investigación: sostenibilidad ecológica, límites planetarios, huella ecológica, huella de carbono, huella hídrica, cambio climático, movilidad sostenible, arquitectura bioclimática, ecobarrios, metabolismo urbano,…
- Búsqueda de mapas y ortofotos del término municipal de Villaviciosa de Odón, para localizar los distintos usos del territorio, tipos de urbanismo, etc. Se valorarán los distintos impactos que generan en el territorio los distintos tipos urbanísticos.

III. Investigación en el taller de naturaleza

Se iniciará la actividad con una presentación sobre los Criterios de Sostenibilidad y el cálculo de la Huella Ecológica personal a través de calculadoras de Internet. El grupo de estudio de «Ecología urbana» realizará su investigación haciendo un recorrido para recopilar información en el pueblo de Villaviciosa de Odón y urbanizaciones, las actividades se resumen en la *Tabla 1*.

Temporalización	Actividades	Materiales
1 h 30 min	Presentación de la actividad, organización y reparto de materiales Itinerario de investigación • Modelo urbano y edificaciones • Movilidad urbana • Indicadores de sostenibilidad	– Mapas – Fichas didácticas – Cámara fotos
1 hora	Propuesta de alternativas sostenibles	Documentación Ficha resumen

Tabla 1. Temporalización de las actividades de investigación en Villaviciosa de Odón.

Tras la presentación de la actividad, esta se desarrollará en tres grupos de trabajo, de 3-4 personas, para recoger los datos de distintos aspectos de la sostenibilidad urbana:

- Grupo 1: Modelo urbano y edificaciones
- Grupo 2: Movilidad urbana
- Grupo 3: Indicadores de sostenibilidad

Cada subgrupo llevará una ficha para la recogida de datos específica de su tema, y un mapa-callejero en el que irán anotando el recorrido. Realizarán una leyenda con la información observada. Además, llevarán cámaras fotográficas digitales para hacer un reportaje gráfico de los puntos de interés.

El recorrido se realizará investigando las distintas tipologías de la ciudad:

– **Urbanización El Castillo:** residencial unifamiliar de gran tamaño.

– **Casco Antiguo:** zona monumental y casas tradicionales. Sin comercios ni servicios.

– **Zona de la C/Carretas:** centro del pueblo, zona comercial y de servicios.

– **Zona de la Avenida Príncipe de Asturias:** bloques de pisos y adosados. Zona moderna con centro comercial, casa de cultura y transporte de bus con Madrid y otros pueblos limítrofes.

Grupo 1: Modelo urbano y edificaciones. Una planificación urbana teniendo en cuenta el metabolismo de la ciudad

Existen ciertos paralelismos entre los ecosistemas naturales y las ciudades, ecosistemas urbanos, ambos se tratan de sistemas dinámicos que poseen muchos elementos en interacción y que van cambiando en el tiempo (Terradas, J. 2001).

Así, la ciudad es un sistema abierto que depende de enormes cantidades de recursos externos procedentes de territorios circundantes (agua, energía, alimentos…) y muchas veces, muy alejados. También resultan ser un enorme foco de generación de emisiones gaseosas, aguas residuales y basuras. La estructura de las urbes es muy compleja, con redes de transporte e infraestructuras que distribuyen la materia y energía que demanda la ciudad, así como la recogida, exportación de residuos y otros productos derivados de sus actividades.

Es evidente que la planificación urbana tiene efectos ecológicos y sociales en el territorio, a nivel local y global. En cuanto a los impactos, se puede diferenciar, *grosso modo*, dos modelos: **ciudad compacta** y el de **ciudad difusa.**

La ciudad compacta es más sostenible, ya que reduce la importación de materias y energía, necesitando menos infraestructuras y disminuyendo las necesidades de desplazamientos, etc. En ellas, será más fácil tomar medidas de cierre de ciclos de materiales, fomentando la reducción, la reutilización y el reciclaje y la minimización y eficiencia el flujo energético a través de la ciudad (Velázquez, I. & Verdaguer, C., 2008).

Por el contrario, el urbanismo difuso se caracteriza por un consumo mayor de suelo por habitante y por promover la segregación de las distintas funciones en la ciudad (industrial, comercial, residencial, de ocio,…), incrementando las necesidades de infraestructuras y las distancias recorridas por personas, recursos y residuos, lo que a su vez genera contaminación, despilfarro energético y comunidades aisladas con menores relaciones vecinales. Este modelo de urbanizaciones unifamiliares y de adosados dispersos en el territorio se ha ido imponiendo progresivamente en los países enriquecidos.

«Gren Building Challenge» (International Initiative for a Sustainable Built Environment, 2008) estima que las emisiones de CO_2 de una vivienda en un edificio de pisos son de 5 toneladas anuales, mientras que en una casa de urbanización dispersa las emisiones se elevan a 12 toneladas. Además, el consumo de agua de una vivienda unifamiliar en una ciudad con modelo disperso es de 515 m^3/año, frente a los 50 en un bloque de 50 pisos.

El diseño y los materiales de construcción de los edificios también tendrán efectos sobre la sostenibilidad en nuestras ciudades. Las arquitecturas tradicionales se adaptaban a las condiciones climáticas y aprovechaban los materiales de la zona.

La arquitectura bioclimática tiene en cuenta la orientación del edifico para la climatización pasiva con una menor necesidad de aporte energético, así como aislamientos en fachadas y ventanas, recuperación de agua, uso de energía solar, etc.

Para la recogida de datos de este grupo se utilizará la *Tabla 2*.

	(1) Tipo de urbanismo	(1) Materiales construcción	(2) Consumo recursos	(3) Observaciones
Urbanización «El Castillo»				
Casco antiguo				
Zona C/ Carretas				
Zona Avda. P. Asturias				

Tabla 2. Recogida de datos de investigación de urbanismo y edificaciones.

Leyenda: (1) Unifamiliar, adosado, pisos, casas de cascos antiguos, edificios históricos,… (2) Tradicionales (piedra, granito,…), ladrillo, pizarra, hormigón,… doble acristalamiento, aislantes de fachadas, orientación de edificios,…(3) Previsión de consumo de energía, agua,…(alto, medio o bajo) (4) Otros temas de interés.

Grupo 2: Movilidad urbana. Moverse menos y más eficientemente

La contribución del transporte urbano al cambio climático es enorme ya que la mitad de las emisiones de gases de efecto invernadero debidas al transporte se producen en las ciudades. Por este motivo, las actuaciones dirigidas a mejorar la sostenibilidad del transporte metropolitano son de vital importancia para luchar tanto contra el cambio climático como la contaminación atmosférica, causante de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, así como la siniestrabilidad causada por el tráfico.

Las emisiones de CO_2 en el transporte por carretera son las que más han aumentado desde 1990, tanto España (prácticamente el doble hasta 2007, un 97%). Se trata del sector más desbocado en sus emisiones de gases invernadero, siendo responsable de más del 25% del total.

Es claro que el principal emisor es el coche, por lo que es urgente adoptar medidas para reducir el uso del automóvil en las ciudades y trasvasar viajeros a otros modos de transporte menos problemáticos y contaminantes, como es el caso del transporte público y de los desplazamientos no motorizados, esto es, andar o pedalear.

Así, la huella ecológica según medio de transporte en hectáreas por habitante calculado para un trayecto de 24 km/día, 230 días/año, sería de 0,02 para el uso de la bicicleta, 0,07 en autobús y 3,40 para coche privado (6).

Los datos que se recogen durante el itinerario sobre el tema de **movilidad** se reflejan en la *Tabla 3*:

	(1) Tipos vehículos	(2) Transporte público	(3) Intensidad de tráfico	(4) Carril-bici	(5) Zonas peatonales
Urbanización «El Castillo»					
Casco Antiguo					
Zona Calle Carretas					
Zona Avda. Ppe. Asturias					

Tabla 3. Recogida de datos de movilidad urbana.

Leyenda: (1) Tipo de automóvil (turismo, 4x4, deportivo), motos, bicicletas, furgonetas, camiones…, (2) Bus urbano, bus interurbano, metro, taxi…, (3) Alto, médio, bajo, (4) y (5) Especifica si hay o no hay en cada zona.

Grupo 3: Indicadores de sostenibilidad. Ciudades con buena calidad de vida

La selección y desarrollo de un sistema de indicadores que valoren la sostenibilidad ecológica y social de las ciudades es un tema muy amplio. Se han seleccionado algunos indicadores relacionados con el metabolismo urbano (contaminantes, basuras, ruido…), otros vinculados a la biodiversidad (zonas verdes) y al tipo de economía que se genera en la ciudad (servicios, industria, agricultura). Los datos que se recogen se reflejan en la *Tabla 4*.

	Urbanización El Castillo	Casco Antiguo	Calle Carretas	Av. Príncipe de Asturias
Contaminación atmosférica				
Ruido				
Limpieza urbana				
Recogida selectiva R.S.U.				
Zonas verdes				
Equipamientos públicos				
Espacios comunitarios				
Comercio local, mercados				
Supermercados				
Centro Comerciales				
Observaciones				

Tabla 4. Otros indicadores de sostenibilidad en la ciudad.

PROPUESTA DE ALTERNATIVAS SOSTENIBLES

Una vez de vuelta al aula, el alumnado tendrá que detectar los principales problemas o síntomas de insostenibilidad ecológica para cada una de las zonas de la ciudad de Villaviciosa de Odón y para cada uno de los temas investigados. Seguidamente reflexionarán sobre medidas, propuestas, planes,… que faciliten un tránsito hacia ciudades más sostenibles. Se aplicarán los criterios de sostenibilidad (González Reyes, L.,

2011; Hernández, A., Ferriz A., Herrero, Y., González, L., Morán, C., Brasero, A. & Ortega, A.M., 2009; Herrero, Y., Cembranos F & Pascual ,M. (Coords, 2011) que se han comentado en la primera parte de la visita al centro, así como las ideas que surgieron de la actividad de cálculo de nuestra Huella Ecológica personal (WWF, 2011).

El proceso didáctico seguirá de vuelta en el centro educativo. Se proponen una actividad de síntesis y conclusiones en las que conviene reforzar el bloque de alternativas sostenibles, elaborando un informe final.

Algunas páginas en Internet interesantes para la búsqueda de alternativas se reflejan en la *Tabla 5*.

ALGUNAS SUGERENCIAS PARA LA BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS	
Ciudades en transición	http://movimientotransicion.pbworks.com
Ciudades lentas	http://www.cittaslow.es/
Huertos urbanos	http://proyectohuertos.blogspot.com/
Grupos de consumo	http://gruposdeconsumo.blogspot.com/
Reciclaje	http://groups.yahoo.com/group/MadridRecicla/
Movilidad en bicicleta	http://www.pedalibre.org/
Movilidad a pie	http://www.asociacionapie.org/
Hogares verdes	http://hogares-verdes.blogspot.com/
Consumo responsable	http://www.consumaresponsabilidad.org/
Arquitectura bioclimática	http://www.ecohabitar.org/
Ecobarrios	http://www.elambienteenmedio.es/2010/04/ecobarrios-urbanismo-ecologico.html
Bancos de tiempo	http://www.vivirsinempleo.org/2010/05/situacion-de-los-bancos-de-tiempo-en.html

Tabla 5. Páginas web con alternativas sostenibles.

IV. PROCESO POSTERIOR EN EL CENTRO EDUCATIVO

El proceso didáctico seguirá de vuelta en el centro educativo. Se proponen una actividad de síntesis y conclusiones en las que conviene reforzar el bloque de alternativas sostenibles, elaborando un informe final. A modo de ejemplo se sugiere al profesorado un índice del informe:

- Características generales de la ciudad de Villaviciosa de Odón
- Claves de la sostenibilidad en las ciudades
- Modelo urbano y edificaciones
- Movilidad urbana
- Indicadores de sostenibilidad
- Alternativas sostenibles para la ciudad: propuesta de mejoras

El dar a conocer la investigación realizada es muy importante para conseguir los objetivos de la educación ambiental, tanto por el efecto de sensibilización y concienciación que se puede conseguir en las personas a las que se contará la experiencia, como por revalorizar el trabajo realizado y la importancia de apostar por la sostenibilidad ecológica. Por todo ello, sería oportuno finalizar el proceso educativo con una presentación en formato informático, una exposición fotográfica, un artículo en la revista escolar, etc.

V. EVALUACIÓN

En esta fase participarán el profesorado y alumnado, así como el equipo del Taller de Naturaleza con el fin de valorar la oportunidad de la programación, la aplicación en el aula, el interés y resultados conseguidos con el alumnado y profesorado, etc.

BIBLIOGRAFÍA

Cambio Global en España 2020/50: Programa Ciudades (2009) Observatorio de la Sostenibilidad. Madrid. http://www.sostenibilidad- es.org/sites/default/files/_Informes/tematicos/cge20202050_programa_ciudades.pdf

Ciudades y Cambio Climático. Ecologistas en Acción. 2009.

Encuentro de edificación sostenible a nivel mundial (2009). International Initiative for a Sustainable Built Environment (ISBE).

GONZÁLEZ REYES, L. (2011). *Sostenibilidad ambiental: un bien público global*. IEPALA. http://www.2015ymas.org/IMG/pdf/Sostenibilidad_Ambiental.pdf

HERNÁNDEZ, A., FERRIZ A., HERRERO, Y., GONZÁLEZ, L., MORÁN, C., BRASERO, A. ORTEGA, A.M. (2009). *La crisis ecosocial en clave educativa. Guía didáctica para una nueva cultura de paz.* CIP-ecosocial. http://www.fuhem.es/media/ecosocial/File/Proyecto%20Dimensiones%20de%20la%20paz/Guia%20ecosocial/GUIA_ECOSOCIAL_texto_completo.pdf

HERRERO, Y., CEMBRANOS F y PASCUAL, M. (Coords.) (2011). *Cambiar las gafas para ver el mundo. Una nueva cultura de la sostenibilidad*. Ecologistas en Acción.

Terradas, J. (2001). *Ecología urbana*. Rubes Editorial, S.L. Barcelona.

VELÁZQUEZ , I. & VERDAGUER, C. (Coords) (2008). *Proyecto ECOCITY. Manual para el diseño de ecociudades en Europa. Libro I: La ecociudad: un lugar mejor para vivir.* Gea 21, SEPES, Bakeaz. http://www.gea21.com/_media/publicaciones/proyecto_ecocity_la_ecociudad_un_lugar_mejor_para_vivir.pdf

WWF (2011). *Informe Planeta Vivo* 2010. http://awsassets.wwf.es/downloads/infoplanetavivo2010.pdf

Cómo promover la cultura medioambiental en los ciclos formativos mediante la utilización de recursos no formales

Amparo Hurtado Soler*, José Cantó Doménech, Valentín Gavidia Catalán

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Facultad de Magisterio, Universidad de Valencia, Avda. Tarongers, 4, 46022 Valencia
*Amparo.Hurtado@uv.es

Palabras clave: Ciclos formativos, formación medioambiental, competencias profesionales.

Keywords: Professional Training, environmental training, professional competences.

Resumen

La formación medioambiental en los ciclos formativos debe responder a las necesidades de la demanda del mercado laboral y los cambios que afectan a la sociedad incluyendo en el currículo de los títulos temas transversales como la prevención de riesgos, la igualdad y la cultura medioambiental. La adquisición de competencias en materia medioambiental requiere de la elaboración de proyectos educativos innovadores que permitan establecer flujos entre la formación en el aula y los centros de trabajo. Para ello, la utilización de recursos educativos no formales constituye una herramienta eficaz en el desarrollo de las competencias profesionales que promueven en los futuros profesionales valores de responsabilidad ambiental. Se analiza una propuesta de aprendizaje con recursos no formales (salidas temáticas, documentales, guías de buenas prácticas profesionales…) y la importancia de su preparación en el aula por docentes especializados para la optimización de los resultados del aprendizaje.

Abstract

Environmental education in Professional Training courses should be linked to the needs of market demand and to the changes in our society. In this way we must contextualize the fact that the curriculum includes crosscutting issues such as risk prevention, equality and environmental culture. The acquisition of competences in environmental matters requires the development of innovative educational projects that establish relationships between classroom and the workplace. This resource use non-formal education is an effective tool in the development of skills that promote professional values in future environmental liability. In this paper we analyze a proposed based on non-formal learning resources (documentaries, professional guides to good practice…) and the importance of preparation in the classroom by teachers specialized for optimizing learning outcomes.

1. INTRODUCCIÓN

La Ley Orgánica 5/2002 de las cualificaciones y de la formación profesional[1] recoge la necesidad de relacionar la formación profesional reglada con la formación obtenida a lo largo de la experiencia laboral y las necesidades del mercado de trabajo. En este marco, el sistema de Formación Profesional debe reunir ciertos requisitos fundamentales:

- Flexibilidad, para adaptarse a las necesidades y demandas del entorno productivo.
- Agilidad y capacidad de respuesta a los desafíos del acelerado cambio tecnológico, así como al cambio en las demandas del mercado de trabajo.
- Polivalencia, para facilitar la promoción de las personas.
- Autorregulación, mediante principios de ordenación.
- Vinculación con el sistema productivo.

La demanda del sistema productivo viene determinada por los cambios sociales y económicos de los últimos años: crisis del pleno empleo, reestructuración del mercado laboral, incremento y variedad de los servicios, aparición de nuevos campos profesionales, desarrollo tecnológico y nuevas formas de organización empresarial. Los cambios en la organización empresarial permiten a las empresas mejorar su situación competitiva y valorativa y su valor añadido mediante una contribución activa y voluntaria al mejoramiento social, económico y ambiental denominada Responsabilidad Social Corporativa (RSC), que va más allá del cumplimiento de las leyes y normas. En este sentido, la legislación laboral y las normas relacionadas con el medio ambiente son el punto de partida de la responsabilidad ambiental. El cumplimiento de la normativa básica corresponde a las obligaciones que cualquier empresa debe cumplir al realizar su actividad.

En un análisis del mercado de trabajo llevado a cabo por la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda y el Instituto Mediterráneo por el Desarrollo Sostenible (IMEDES) sobre las carencias y las necesidades formativas de los trabajadores en materia medioambiental del sector industrial de la Comunidad Valenciana, se pone de manifiesto el amplio margen de maniobra en formación medioambiental. El estudio concluye que el campo de conocimiento en materia medioambiental más demandado es el relativo al ahorro y eficiencia energética[2]. La adquisición de estas competencias profesionales en materia medioambiental debería reflejarse en los contenidos curriculares de los títulos de Formación Profesional.

2. ANÁLISIS DE LOS CURRÍCULOS DE LOS TÍTULOS DE FORMACIÓN PROFESIONAL EN RELACIÓN CON LA ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS Y VALORES MEDIOAMBIENTALES

Se han analizado los currículos de los títulos de formación profesional de grado medio y grado superior (LOE) de las familias correspondientes a los sectores industriales del metal, turismo y hostelería y servicios socioculturales y a la comunidad (*Tabla 1*).

Del análisis se desprende que la formación ambiental forma parte de la competencia general de los currículos de las enseñanzas profesionales conjuntamente con la prevención de riesgos laborales y la gestión de la calidad. Sin embargo, en cuanto a su integración en los contenidos de los módulos formativos la formación medioambiental se centra principalmente en los sistemas de gestión medioambiental orien-

---

[1] Ley Orgánica 5/2002 de de 19 de junio, de las *Cualificaciones y de la Formación Profesional*. BOE n.º 147 de 20 de junio de 2002.

[2] ECOEMPLEO (2010), *Estudio de las carencias y necesidades formativas en materia medioambiental en los sectores de actividad de la Comunitat Valènciana*, Valencia, Ecoempleo Ed.

FAMILIA PROFESIONAL	CICLO GRADO MEDIO	CICLO GRADO SUPERIOR
Electricidad y electrónica	T. Instalaciones de Telecomunicaciones *(RD 1632/2009)* T. Instalaciones Eléctricas y Automáticas *(RD 177/2008)*	T.S. Automatización y Robótica Industrial *(RD 1581/2011)* T.S. Mantenimiento Electrónico *(RD 1578/2011)* T.S. Sistemas Electrotécnicos y Automatizados *(RD 1127/2010)* T.S. Sistemas de Telecomunicaciones e Informáticos *(RD 883/2011)*
Energía y Agua		T.S. Eficiencia Energética y Energía Solar Térmica *(RD 1177/2008)* T.S. Energías renovables *(RD 385/2011)*
Fabricación mecánica	T. Mecanizado *(RD 1398/2007)* T. Soldadura y Calderería *(RD 1692/2008)*	T.S. Construcciones Metálicas *(RD 174/2008)* T.S. Diseño en Fabricación Mecánica *(RD 1630/2009)* T.S. Programación de la Producción en Fabricación Mecánica *(RD 1687/2007)*
Instalación y mantenimiento	T. Instalaciones de Producción de Calor *(RD 1792/2010)* T. Instalaciones Frigoríficas y de Climatización *(RD 1793/2010)* T. Mantenimiento Electromecánico *(RD 1589/2011)*	T.S. Desarrollo de Proyectos de Instalaciones Térmicas y de Fluidos *(RD 219/2008)* T.S. Mantenimiento de Instalaciones Térmicas y de Fluidos *(RD 220/2008)* T.S. Mecatrónica Industrial *(RD 1576/2011)*
Hostelería y turismo	T. Cocina y Gastronomía *(RD 1396/2007)* T. Servicios en Restauración *(RD 1690/2007)*	T.S. Agencias de Viajes y Gestión de Eventos *(RD 1254/2009)* T.S. Gestión de Alojamientos Turísticos *(RD 1686/2007)* T.S. Guía, Información y Asistencias Turísticas *(RD 1255/2009)* T.S. Dirección de cocina *(RD 687/2010)* T.S. Dirección de Servicios de Restauración *(RD 688/2010)*
Servicios socioculturales y a la comunidad	T. Atención a Personas en Situación de Dependencia *(RD 1593/2011)*	T.S. Educación Infantil *(RD 1394/2007)*

Tabla 1. Relación de currículos analizados organizados por familias profesionales y nivel.

tada al cumplimiento de la normativa en materia de prevención de riesgos laborales y gestión de residuos. Hay que destacar que en el caso de los títulos asociados a la familia de Energía y Agua los contenidos en medio ambiente son más amplios (impacto y riesgos ambientales) y se incluyen en la práctica totalidad de los módulos formativos e incluso en el perfil profesional. Finalmente, llama la atención que en el currículo del título de T. S. en Educación Infantil no aparece ninguna referencia al medio ambiente ni siquiera en su relación con la alimentación, la salud o la prevención de riesgos.

En definitiva, en los currículos analizados se observa una carencia en cuanto al desarrollo de Educación en Valores tal como se establece en la LOE de 2006 que conjuntamente al acervo de conocimiento forma parte de la educación. Según la LOE: «*fomentar el aprendizaje a lo largo de toda la vida implica, ante todo, proporcionar a los jóvenes una educación completa, que abarque los conocimientos y las competencias*

básicas que resultan necesarias en la sociedad actual, que les permita ***desarrollar los valores*** *que sustentan la práctica de la ciudadanía democrática, la vida en común y la cohesión social, que estimule en ellos y ellas el deseo de seguir aprendiendo y la capacidad de aprender por sí mismos. Además, supone ofrecer posibilidades a las personas jóvenes y adultas de combinar el estudio y la formación con la actividad laboral o con otras actividades*». En este sentido, podemos concluir que ante la carencia de formación en valores y ciudadanía en sostenibilidad y respeto ambiental de los currículos de los títulos de los ciclos formativos es necesario reforzar los proyectos educativos en los centros formativos mediante acciones dirigidas a potenciar y promover dichas actitudes en los alumnos que permitan la adquisición de un compromiso y de responsabilidad ambiental dirigida a su futura actividad profesional.

3. PROYECTO EDUCATIVO DE SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL UTILIZANDO RECURSOS NO FORMALES

En 1967, en la Conferencia Internacional sobre la crisis mundial de la educación, se plantea «un énfasis especial en la necesidad de desarrollar medios educativos diferentes a los convencionalmente escolares». Según Jaume Trilla[3], la «educación no formal se refiere a todas aquellas instituciones, actividades, medios, ámbitos de educación que, no siendo escolares, han sido creados expresamente para satisfacer determinados objetivos educativos».

¿Cuáles son las contribuciones a la educación formal, desde la educación no formal, y viceversa? Las diferentes acciones que se pueden realizar en parques, centros temáticos, la calle, el barrio y tantas otras posibilidades, ¿acaso no posibilitan la comunicación educativa, formular intencionalidades, plantear contenidos? En la educación ciudadana, los medios de comunicación (prensa, televisión…) representan las principales fuentes de información tanto de estudiantes como de profesores, sobre todo en lo que respecta a la temática ambiental[4,5,6,7].

El proyecto educativo que se analiza en esta propuesta utiliza el recurso de las salidas temáticas y el uso de documentales en la educación medioambiental adaptándolas al currículo de cada título de formación profesional mediante su integración en los contenidos de los módulos que lo componen. Para optimizar los resultados del aprendizaje se realiza una preparación previa de las salidas y un debate posterior en el aula dirigido hacia la revisión de las prácticas profesionales y su relación causa-efecto sobre el medio ambiente.

Para el desarrollo de la actividad fuera del aula se seleccionó la salida al Jardín Botánico de la Universitat de València basándose en los siguientes criterios:

- Constituye una representación de los biomas de la Tierra que son la base de la vida y el pilar de la producción primaria y de los recursos naturales.

---

[3] TRILLA, J. (1996). *La educación fuera de la escuela. Ámbitos no formales y educación social*, Barcelona, Ed. Ariel.

[4] VILCHES, A.; GIL-PÉREZ, D.; GONZÁLEZ, M., y GONZÁLEZ, E. (2006). La atención a la situación de emergencia planetaria en los museos de ciencias: el inicio de un cambio necesario. *Ciência & Educação* 12 (1), 39-56.

[5] MORALES, M. (2009). Educación no formal: una oportunidad para aprender. En Morales M. (coord.) *Aportes para la elaboración de propuestas de políticas educativas. Vol III Educación no forma.* Uruguay, MEC-Dirección de educación/ UNESCO pp 89-110.

[6] LONDONO, G. (2009). *Aprovechamiento didáctico de un parque temático para generar actitudes positivas hacia el aprendizaje de las ciencias.* Tesis Doctoral. Universitat de València.

[7] PERALES, F. J. (2010). Retos y dificultades para una educación ambiental informal, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales* n.º 64.

- Se encuentra situado en el corazón de la ciudad, totalmente accesible mediante los medios de transporte públicos (ahorro energético) y otros medios no contaminantes como bicicleta y a pie.
- Invita a la reflexión sobre aspectos variados como la contaminación ambiental, la contaminación acústica, el efecto invernadero…, a través de la percepción sensorial e instrumentación de campo (humidímetro, sonómetro…), por contraste con el ambiente urbano que lo rodea.
- Es un Centro de Investigación en conservación medioambiental, salud y desarrollo de tecnologías sostenibles que constituyen los retos ambientales a los que deben dar respuesta las empresas y los profesionales del futuro.
- Representa una gran diversidad temática (agua, clima, materiales, salud, alimentación, industria…), permitiendo adaptar el recorrido a las diferentes familias profesionales y ciclos formativos que las componen.

La metodología de trabajo se divide en tres fases:

1. Sesión de introducción a la temática ambiental y preparación de la salida
   – Visualización de un documental o película
   – Revisión de la problemática ambiental mediante debate
   – Estudio de las acciones o actividades profesionales y su efecto sobre el medio ambiente
2. Realización de la salida al Jardín Botánico
   – Selección y realización del recorrido
   – Actividades y experimentos dirigidos al ciclo correspondiente
3. Sesión de reflexión y debate
   – Aplicabilidad de las experiencias mostradas en la salida en el ejercicio profesional correspondiente
   – Revisión del manual de buenas prácticas medioambientales de la familia profesional y propuesta de acciones concretas relacionadas con la actividad profesional específica[8].

Otra cuestión que se plantea es el procedimiento de evaluación de la idoneidad de la propuesta y el análisis de la eficacia de la misma en el proceso de aprendizaje y adquisición de valores ambientales de los alumnos en ciclos.

Para ello se prepara un cuestionario de ideas previas que los alumnos contestan valorando de forma cualitativa y cuantitativa la utilidad de la salida en la formación medioambiental y su relación con la profesión. Se plantean preguntas como: ¿Qué utilidad crees que tiene la salida al botánico en tu formación como profesional? ¿Es importante el compromiso ambiental en el ejercicio de la profesión?

En la sesión posterior a la actividad, en el aula, se valorará nuevamente la utilidad de la salida al Jardín Botánico y de los experimentos realizados durante la misma mediante un cuestionario de evaluación de la actividad plantando preguntas como: ¿Ha sido útil la actividad para tu formación profesional? ¿Qué has aprendido?

Para finalizar, se elaborará un documento de conclusiones que contenga de una parte las experiencias adquiridas en la salida y de otra las medidas preventivas de minimización de impactos relacionados con la actividad profesional y un decálogo de buenas prácticas ambientales.

[8] Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2012). Manuales de buenas prácticas ambientales en las familias profesionales, Madrid. http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/red-de-autoridades-ambientales-raa-/sensibilizacion-medioambiental/manuales-de-buenas-practicas/ (julio, 2012)

4. EVALUACIÓN DE RESULTADOS PRELIMINARES

Durante el curso académico 2011-2012 se ha llevado a cabo un estudio preliminar de la propuesta en 9 grupos de 7 especialidades formativas aplicando diferentes procedimientos de trabajo. En tres de los grupos (S2, S8 y S9) hay alumnos con situación de minusvalía, exclusión social o inmigrantes por lo que se valoró la utilidad de la propuesta como herramienta facilitadora en la atención a la diversidad

En 2 de los grupos (S1 y S3) no se realizó la salida y se procedió a trabajar los contenidos ambientales en el aula mediante la visualización de un documental temático y un debate posterior acerca de los problemas ambientales globales. Los 7 restantes realizaron la salida que se preparó previamente en clase en un solo grupo (S9) mientras que el resto no la preparó previamente. Por otra parte, dos de los grupos que realizaron la visita lo hicieron sin guía de actividades ni orientación del profesor o monitor (S5 y S7), el resto realizaron el itinerario con un profesor especializado en medio ambiente y llevaron a cabo experimentos relacionados con los contenidos, la instrumentación y los procedimientos de trabajo del ciclo correspondiente. Los grupos S4, S5, S6 y S7 realizaron únicamente la visita al Jardín Botánico y no realizaron las actividades de aula (*Tabla 2*).

Actividad	Grupos	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	M	RE	%P
Salida al Botánico	Sin preparación de la salida		X		X	X	X	X	X				
	Con preparación de la salida									X			
	Sin monitor					X		X					
	Con monitor		X		X		X		X	X	90	76	84,44
Trabajo clase	Sin manual de buenas prácticas	X	X										
	Con manual de buenas prácticas			X					X	X			
	Vídeo-debate	X	X	X					X	X	60	55	91,67
	Alumnos grupo	**15**	**10**	**15**	**15**	**15**	**15**	**15**	**10**	**10**			

Grupos	Curso	Diversidad	Alumnos	Profesor
S1	T. att. personas dep.	–	15	**Amparo***
S2	Técnico en microinformática	Minusvalía	10	**Amparo***
S3	T. att. personas dep.	–	15	**Amparo***
S4	T. inst. frig. y clim.	–	15	M. Carmen**
S5	T. S. mant. inst. térmicas	–	15	Antuan**
S6	T. S. mant. inst. térmicas	–	15	Antuan**
S7	T. inst. frig. y clim.	–	15	M. Carmen**
S8	T. serv. restauración	Exclusión social	10	**Amparo***
S9	T. inst. eléctricas y aut.	Inmigrantes	10	**Amparo***
			120	

Leyenda: Solo clase; Solo visita; Ambas; X Propuesta

* Profesor especialista en Medio Ambiente

** Profesor técnico no especialista en Medio Ambiente

Tabla 2. Estudio preliminar de la eficiencia de la propuesta de formación ambiental en ciclos basada en la utilización de recursos no formales.

Se analizaron los resultados de la valoración previa y posterior a la actividad en un total de 120 alumnos obteniéndose resultados diferenciados. Se valoró la elevada participación de los alumnos en la actividad (> 84,44%).

En relación a la salida al Jardín Botánico, los alumnos de los grupos que no la prepararon previamente y realizaron la visita sin la orientación del profesor (S5 y S7) mostraron poco o ningún interés por la realización de la salida y centraron el propósito de la misma en los aspectos culturales y de conocimiento del medio no relacionando la actividad con los contenidos del ciclo. Por otra parte, respecto a la promoción y adquisición de valores, relacionaron la visita con la interacción en grupo, la valoración de la cultura social y el ocio. Los resultados mejoraron al realizar la visita con la intervención de un profesor especialista en medio ambiente.

En relación al trabajo desarrollado en el aula, los grupos que no realizaron la visita (S1 y S3) mostraron interés por realizarla tras visualizar el documental y realizar el debate sobre la problemática ambiental y su relación con el ejercicio profesional, sobre todo en el grupo que también trabajó la guía de prácticas ambientales (S3).

Los grupos que realizaron la salida guiada por el profesor especialista y trabajaron los contenidos en clase tras la visualización del documental y el debate sobre las buenas prácticas ambientales (S2, S8 y S9) mostraron un mayor interés por la visita y la evaluaron satisfactoriamente estableciendo una alta relación entre la actividad realizada y los contenidos del ciclo profesional. Valoraron sobre todo aspectos como la visión profesional, la ampliación de conocimientos, el aprendizaje y la multidisciplinaridad de la materia de medio ambiente.

El grupo S9 (T. Instalaciones eléctricas y automatización) trabajó toda la secuencia de la propuesta analizada: sesión previa (preparación de la salida y visualización del documental), realización de experimentos relacionados con la electricidad durante la visita (materiales conductores, aislantes, energía solar…) y sesión final de debate y análisis de la guía de buenas prácticas ambientales en electricidad. La valoración de los alumnos de este grupo fue la más positiva, $> 90\%$ se mostraron muy interesados en la actividad realizada y evaluaron la visita como parte importante del aprendizaje en el ciclo y destacaron la necesidad de adquirir una responsabilidad ambiental desde la profesión.

5. Conclusiones

La formación ambiental debe incluirse en el currículo de los títulos de ciclo medio y ciclo superior formando parte de los contenidos de los módulos y promoviendo la educación de los valores de compromiso y responsabilidad medioambiental de los futuros profesionales. Esta formación debe llevarse a cabo por un docente especializado en la materia.

El compromiso medioambiental en el ejercicio de la profesión se adquiere cuando el alumno es consciente de que su actividad profesional tiene un efecto sobre el medio ambiente.

Por ello, las salidas temáticas de la educación no formal son una herramienta eficaz en la formación ambiental de los futuros profesionales y fomenta los valores de respeto y ciudadanía. Estas estrategias basadas en los recursos no formales, además, facilitan la atención de la diversidad del alumnado que accede a los ciclos formativos y el aprendizaje a lo largo de toda la vida.

Agradecimientos

A la Dra. Amparo Vilches por su orientación en la evaluación y preparación de la propuesta. A los compañeros María Carmen Castillejos y Antuan por su participación en el proyecto y al Centro Integrado B&S Formación por facilitarnos el desarrollo del estudio preliminar.



Experiencias educativas en el CFA «La Chimenea»: estudio de impactos ambientales en una gravera. Matriz de Leopold

Anna Céspedes Dupuy, María del Mar Ruiz-Calero Bote, Ana María Salcedo Polo

CFA LA CHIMENEA. Código de centro: 28700957
Complejo agropecuario San Isidro s/n. 28300 Aranjuez
ge.chimenea@educa.madrid.org, anna.cespedes@educa.madrid.org.

Resumen

La educación ambiental es un proceso que permite que las personas conozcan y cuiden el delicado equilibrio natural. La educación ambiental es una asignatura transversal en los *curricula* y los profesores no siempre tienen la formación suficiente para incluirla en su práctica docente. En este artículo explicamos una experiencia educativa en la vega del Jarama dirigida a los alumnos y profesores de Bachillerato. Se aprende a realizar un estudio de impacto ambiental en una gravera de una forma muy similar a los pasos seguidos en los estudios ambientales reales.

Abstract

Environmental education is a learning process that increases people's knowledge and awareness about the natural balance. It has been considered an elective subject in much of traditional curriculum, so teachers don't have enough training to explain it correctly. In this article we expose an activity we do with secondary school pupils and their teachers in Jarama's alluvial plains. We learn about environmental impact assessment of a quarry. We propose an activity based on a study of impacts produced in the nature in a similar way than it's done by professional equips.

INTRODUCCIÓN

Desde hace unas décadas se ha producido un cambio de mentalidad en la sociedad dando lugar a una mayor preocupación e interés por los problemas ambientales. Este interés se manifiesta de forma clara con la serie de cumbres y conferencias internacionales promovidas por la UNESCO, que se dan desde 1968. La Conferencia de Río, en 1992, supuso un antes y un después en el tratamiento de los grandes problemas ambientales, en ella se recogió una Declaración de Principios sobre el medio ambiente en la que todos los países se comprometían a colaborar para paliar los impactos sobre el medio natural.

Desde entonces, en muchos países se apuesta por un desarrollo económico respetuoso con el medio ambiente, que permita alcanzar una calidad de vida adecuada sin comprometer las necesidades de las generaciones venideras. Un ejemplo de ello son los estudios de impacto ambiental, ya que son una excelente herramienta para prevenir las posibles alteraciones que determinadas nuevas obras, instalaciones o servicios pueden producir en nuestro entorno (V. Conesa, 2012).

Este cambio también se ha traducido en el ámbito educativo en un incremento del contenido de los currículos de ciencias en temas ambientales, muy especialmente con la introducción de materias como la Ciencias de la Tierra y Medioambientales en 2.º de Bachillerato, o las Ciencias para el Mundo Contemporáneo en 1.º de Bachillerato.

Con la realización de actividades como la que detallaremos a continuación se pretende implementar en el mundo académico la realización de prácticas que ejemplifiquen de manera esclarecedora los contenidos tratados en las unidades didácticas de las asignaturas anteriormente citadas, ayudando a los alumnos a entender y asumir los problemas ambientales que existen y nuestro grado de responsabilidad en su prevención y mejora, y dotando a los profesores de herramientas para conseguir cumplir los objetivos de la educación ambiental.

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

En el caso de esta experiencia educativa, se propone la realización de una simulación de propuesta de evaluación ambiental para una actividad de extracción de áridos. Se trata de realizar una matriz de impacto ambiental con el máximo rigor posible, con el fin de que el alumno experimente una situación lo más real posible en el uso de una herramienta de gestión ambiental.

La actividad tiene las siguientes características:



Figura 1. Características de la actividad de evaluación de impacto ambiental en una gravera.

Desarrollo de la experiencia educativa

Para poder desarrollar correctamente esta actividad es necesario que los alumnos posean una serie de conocimientos previos con el fin de optimizar el aprovechamiento de la práctica en el campo. Para ello se debe realizar una sesión formativa presencial en el centro educativo. Posteriormente se llevará a cabo la actividad práctica en el campo.



Figura 2. Qué es lo que tienen que saber los alumnos.

Sesión de conocimientos previos

Con esta sesión previa a la experiencia en campo se quiere dotar a los alumnos de determinados conocimientos necesarios para poder realizar una evaluación de impacto ambiental de forma lo más autónoma posible. En general con una sesión de una hora es suficiente para conseguir los objetivos propuestos.

Durante el desarrollo de esta sesión se explicarán las características principales de una evaluación de impacto ambiental y se introducirá el trabajo que se realizará el día de campo.

Los principales objetivos de esta sesión en el centro educativo son los siguientes:

- Dotar a los alumnos de los conocimientos necesarios para comprender una evaluación de impacto ambiental.
- Que los alumnos entiendan el trabajo que van a realizar en la sesión de campo y puedan trabajar de manera autónoma.
- Sondear el ambiente y el nivel académico de los alumnos que van a asistir a la actividad para poder adaptar los contenidos a trabajar y la metodología de grupo más adecuada.

Durante el desarrollo de esta sesión se explica a los alumnos una serie de contenidos, tratando de utilizar ejemplos claros y cercanos. La información que se da a los alumnos toca al menos los siguientes ítems:

- Una breve introducción a la crisis ambiental en la que nos hallamos en la actualidad.
- El cambio de mentalidad que se ha producido en las últimas décadas en todo lo referente al cuidado de la naturaleza.
- Cómo ha influido ese cambio de mentalidad en la legislación y otras herramientas de gestión ambiental.
- Qué es una evaluación de impacto ambiental y cómo se realiza.
- Una introducción al trabajo de campo que se pretende realizar con los alumnos en el que se simula un estudio de impactos tras la actividad extractiva de áridos.

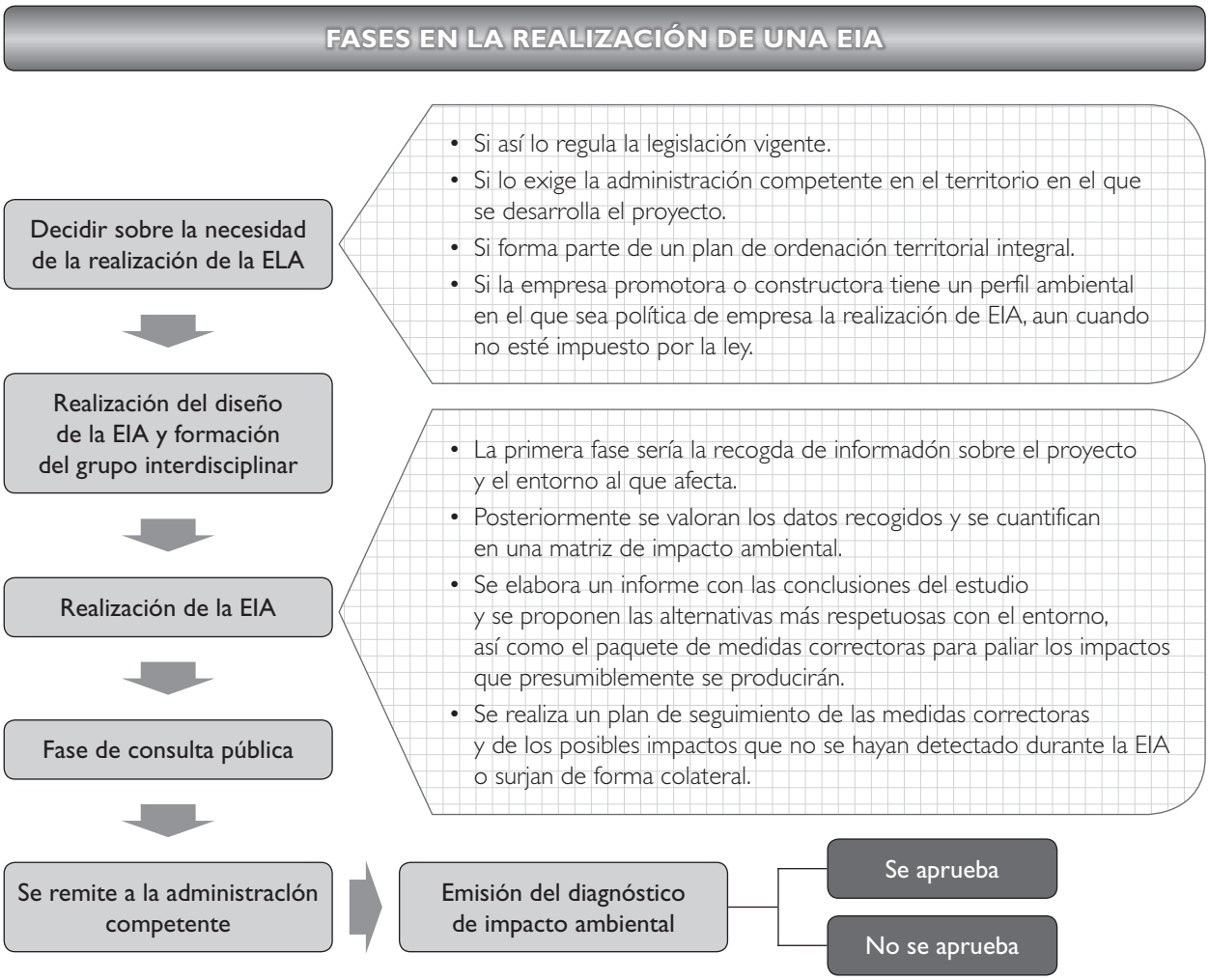


Figura 3. Diagrama de los pasos a seguir en una EIA.

Resulta interesante apoyar visualmente esta sesión con una presentación de diapositivas, sobre todo para introducir el área de estudio con fotografía satélite.



Figura 4. Ejemplo de diapositivas para la sesión.

Salida de campo

Para optimizar el tiempo, que suele ser escaso en el Bachillerato, lo mejor es programar la actividad de campo desde muy pronto por la mañana. Para la realización del estudio de los impactos generados por la extracción de áridos en un ecosistema se elige una zona en la se tenga fácil acceso desde el autobús y cuyos impactos ambientales sean muy visibles. Es ideal si en los alrededores existe algún área que no se haya visto tan afectada por la actividad de la gravera, de este modo los alumnos podrán comparar el estado previo a las actividades del proyecto, con el estado posterior a su realización.

Los objetivos que se quieren alcanzar con el desarrollo de esta sesión son los siguientes:

- Para los alumnos:
  - Comprender el funcionamiento de los sistemas terrestres y sus interacciones, como fundamento para la interpretación de las repercusiones.
  - Investigar científicamente los problemas ambientales, recogiendo datos, elaborando conclusiones y proponiendo alternativas.
  - Tomar conciencia de que la naturaleza tiene recursos no renovables y que para asegurar la supervivencia es preciso utilizar racionalmente.
  - Evaluar las posibilidades de utilización de los recursos naturales y proponer medidas correctoras.
  - Promover actitudes favorables hacia el respeto y la protección del medio ambiente, y tomar libremente iniciativas en su defensa.
  - Fomentar el trabajo en equipo, valorando su importancia y comprendiendo sus ventajas.
- Para los profesores:
  - Aprender técnicas para la evaluación de impactos ambientales que puedan realizarse en el campo con los alumnos.
  - Recopilar material e información útiles para la realización de esta actividad en la práctica docente habitual.
  - Comprender que determinados conceptos ambientales, debido a su complejidad, son más fáciles de asumir con la realización de actividades prácticas y vivencias personales.

Antes de comenzar el trabajo de campo se repasa muy brevemente qué se va a hacer, se comenta que se realizará el estudio correspondiente al análisis ambiental de una EIA y se les explica cuáles son los pasos a seguir para dicho análisis.

Para el desarrollo de la actividad en campo se seguirá el cuadernillo de campo proporcionado a cada alumno por el Centro de Formación Ambiental «La Chimenea», no obstante, se pueden repasar algunos conceptos y aprovechar el camino para comentar una serie de impactos que se dan en la zona.

Durante la práctica en campo se realizarán las siguientes acciones:

1. Dividir al grupo en dos o tres subgrupos (dependiendo del número de profesores y de personal del CFA), para que después trabajen de forma autónoma en el estudio del ecosistema.



Figura 5. Materiales que se les proporciona a los alumnos y profesores para realizar la actividad.

2. Posteriormente se explica brevemente el tipo de ecosistema en el que estamos y los tipos de impactos que se van viendo en la zona. Se puede aprovechar el paseo hasta la zona de estudio para repasar brevemente la vegetación de rivera, la fauna asociada y el tipo de unidad del paisaje en la que nos encontramos.



Figura 6. Alumnos durante la sesión de introducción en el campo.

3. Se lleva al grupo a una zona relativamente conservada del ecosistema de ribera. Allí se les explica lo que podría haber sido el estado preoperacional del sistema, antes de realizar la gravera. Se distribuye el material para realizar los análisis pertinentes de agua, suelo, vegetación y fauna y se van explicando los pasos a seguir. Los datos que se obtengan de este análisis nos servirán para compararlos con los datos que se obtengan de la zona impactada. Además, los alumnos disponen de una guía de campo y de unas aclaraciones en su cuaderno de campo para ayudarles a interpretar los datos que van obteniendo. A modo de ejemplo se presentan algunas tablas de recogida de datos que se encuentran en los cuadernillos de los alumnos:

Factores ambientales	DATOS DEL RÍO		INTERPRETACIÓN
AGUA	Turbidez		• **0 JTU:** falta total de transparencia del agua. Mala calidad. • **40 JTU:** transparencia media. Calidad media. • **100 JTU:** transparencia alta. Calidad alta.
	Temperatura		• A mayor temperatura menos oxígeno disuelto.
	O_2 disuelto		• **5 a 6 ppm:** oxígeno suficiente. Buena calidad. • **Menor de 3ppm:** dañino para la mayoría de las especies. Mala calidad.
	pH		• **Menor de 5,5 o mayor de 8,5:** mala calidad, nocivo para la vida. • **Entre 5,5-6, y 8-8,5:** aceptable. Calidad media. • **Entre 6 y 8:** buena calidad del agua.
	Nitratos		• **Menor de 4 ppm:** no hay contaminación • **Mayor de 4 ppm:** contaminadas
	Dureza		• **Mayor de 300 ppm:** aguas muy duras. • **Menor de 75 ppm:** aguas blandas.
FLORA (ver pág. 9 de la guía)	Cobertura vegetal		• **Entre 80 y 100 %:** buena • **Entre 40 y 80 %:** media • **Menor del 40 %:** escasa cobertura. Indica fuerte impacto.
	Presencia de las especies esperables		• **Si la mayoría son las especies propias de esa franja:** la flora está conservada. • **Si hay presencia de especies que no son propias de esa franja:** indica cierto grado de degradación. • **Si la mayoría son especies no propias de la zona o herbáceas:** indica degradación o impacto fuerte.

Figura 7. Ejemplo de una parte de la tabla de datos del cuadernillo del alumno.

4. Posteriomente se lleva el grupo hacia la laguna resultante de la extracción de áridos, aprovechando el paseo para comentar otros impactos de la zona (compactación por maquinaria pesada, escombros, basuras, etc.). Una vez llegado al lugar se procede a realizar el estudio postoperacional del ecosistema. Se invita a los alumnos a que trabajen autónomamente ya que para obtener los datos se procede de la misma manera que en la zona conservada de la ribera.



Figura 8. Alumnos frente a la laguna de la gravera.

5. Finalmente se reúne a los alumnos, se les explica cómo debe rellenarse una matriz de impactos, se les comenta que en su cuaderno de campo tienen un ejemplo simplificado de la matriz y unas instrucciones para rellenarla. Se puede realizar en común la primera fila, y una vez que han entendido el procedimiento se les deja un tiempo para terminar de rellenar la matriz simplificada que tienen en sus cuadernillos.

MAGNITUD			IMPORTANCIA		
Modifica todas las propiedades del factor ambiental	9	Impacto muy **fuerte**	Afecta de manera **regional** (Comunidad Madrid)	9	Para **siempre**
	8	Impacto **medio**		8	**Temporalmente**
	7	Impacto **débil**		7	En ese **momento**
Afecta **a parte de las propiedades** del factor ambiental	6	Impacto muy **fuerte**	Afecta **local**mente (Aranjuez)	6	Para **siempre**
	5	Impacto **medio**		5	**Temporalmente**
	4	Impacto **débil**		4	En ese **momento**
Afecta a **muy pocas propiedades** del factor ambiental	3	Impacto muy **fuerte**	Afecta **puntual**mente (zona de estudio)	3	Para **siempre**
	2	Impacto **medio**		2	**Temporalmente**
	1	Impacto **débil**		1	En ese **momento**

Figura 9. Tabla que se les proporciona a los alumnos para facilitarles el cálculo de la magnitud e importancia de cada impacto.

ANÁLISIS DE IMPACTOS EN EL ECOSISTEMA TRAS LA ACTUACIÓN DE LA EMPRESA EXTRACTORA DE ÁRIDOS				ACCIONES QUE HAN RESULTADO DE LA EXTRACCIÓN DE ÁRIDOS					TOTAL FACTORES
				Caminos de maquinaria	Eliminación inicial de la cubierta vegetal	Depresiones generadas	Depósito de áridos	Afloramiento del agua del acuífero	
Factores ambientales	Factores abióticos	Tierra	Suelo						
			Relieve						
		Agua	Río						
			Aguas subterráneas						
	Condiciones biológicas	Flora	Vegetación autóctona propia de esa franja						
			Vegetación alóctona o no propia de esa franja						
			Plantas acuáticas						
		Fauna	Fauna edáfica						
			Fauna terrestre						
			Fauna acuática						
		Ecosistemas	Tránsito de animales						
			Invasión por especies oportunistas (hierbas, ratas,…)						
	Factores socio-culturales	Usos del territorio	Paisaje y la naturaleza						
			Agricultura						
		Culturales	Conservación del paisaje						
			Atracción del turismo						
			Generación de residuos en la zona						
TOTAL ACCIONES									

Figura 10. Matriz de Leopold modificada y simplificada que se les proporciona a los alumnos para rellenar tras el estudio de los impactos de la gravera. Modificado de la matriz de Leopold (Leopold y col, 1971).

6. Al terminar la matriz se realiza una sesión de conclusión realizando el informe que tienen en su cuadernillo. Los alumnos tienen que proporcionar ideas sobre medios paliativos o correctivos para mejorar la situación ambiental de la zona.

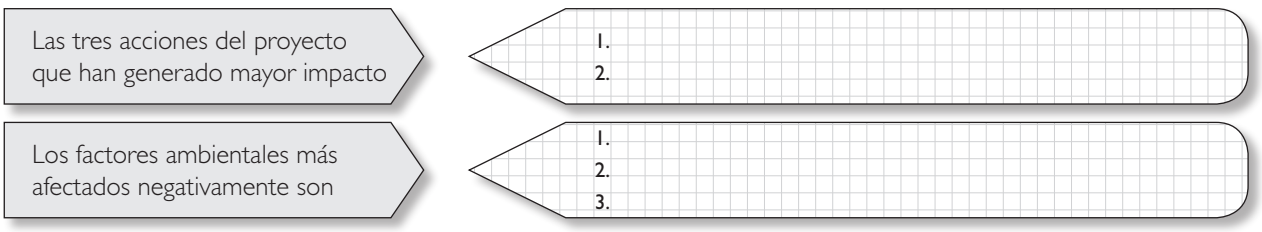


Figura 11. Diagrama que tienen los alumnos en su cuadernillo para ayudar a elaborar el informe ambiental.

Conclusiones de la actividad

En numerosas ocasiones no hay tiempo suficiente para concluir en el campo la actividad y elaborar el informe. Desde el CFA «La Chimenea» preferimos dar prioridad a los datos y observaciones que se realizan en la zona de estudio, dejando encaminada la redacción del informe, que pueden terminar los alumnos en sus casas. Este informe lo puede utilizar el profesor como memoria de la actividad extraescolar de sus alumnos.

En cuanto a la evaluación del grado de satisfacción de profesores y alumnos, se conoce a través de una encuesta que se les realiza al terminar la actividad. Con los datos de esta encuesta y las sugerencias se va puliendo el contenido que se trabaja en las dos sesiones hasta integrarlo perfectamente en el desarrollo de la asignatura en el aula.

Hasta ahora ha sido una actividad bastante exitosa, ya que en una sesión de una hora, y una mañana, se trabajan muchos contenidos. Además, los alumnos ven perfectamente los impactos que se producen, eliminando el grado de abstracción que supone rellenar una matriz de impactos previa a la acción del proyecto, en la que hay que imaginarse cómo quedará la zona tras la intervención. En este caso, los alumnos ven que existen impactos, que muchos son evitables y que ellos pueden proponer acciones correctoras.

Bibliografía

Conesa Fernández, V. (2010). *Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental.* Madrid, Mundi Prensa, p. 749.

Leopold, L. *et al.* (1971). A Procedure for Evaluating Environmental Impact, *Geological Survey* Circular 645, U.S. Geological Survey, Washington, D.C.

Webgrafía de interés

http://www.slideboom.com/presentations/190296/EsIA---MATRIZ-DE-LEOPOLD

http://www.monografias.com/trabajos14/impacto-ambient/impacto-ambient2.shtml

http://www.eia.es

http://www.medioambiente.geoscopio.com/medioambiente/temas/eia/

http://www.elsoto.org/folleto_graveras.pdf

http://www.ucm.es/info/crismine/Programa_%20Minas_archivos/EIA_Mineria_sololectura.pdf

http://elpais.com/diario/2004/05/05/madrid/1083756262_850215.html

La mochila del carbono

María Concepción Márquez Ruiz de Lira
CFA (Centro de Formación Ambiental) «La Chimenea»
Cortijo de San Isidro, s/n. 28300 Aranjuez (Madrid)
conchadelira@gmail.com

Palabras clave: Huella de carbono, *gimkana*, calentamiento global, impactos ambientales, análisis del ciclo de vida.

Keywords: Carbon footprint, gymkhana, global warming, environmental degradation, life cycle analysis.

Resumen

Esta comunicación pretende ofrecer al profesorado un recurso que facilite la incorporación de la Educación Ambiental en sus Programaciones Didácticas.

La experiencia educativa consiste en la realización de una *gymkana* mediante la cual el alumnado conoce la huella de carbono de un producto cotidiano, un teléfono móvil de última generación o un pantalón vaquero, y su relación con el calentamiento global, así como algunas de sus implicaciones ambientales y sociales, para finalizar con unas conclusiones en las que se acomodan los aprendizajes y se analizan las posibles actuaciones que podemos realizar para reducir nuestro consumo y sus posibles efectos sobre el medio ambiente.

Abstract

This paper is to offer teachers a resource that helps them introducing environmental education in their lesson plans.

This educational experience consists in performing a Gymkhana that helps students get the «carbon footprint» of one common daily products, such as a smartphone or a pair of jeans, as well as its relationship with the global warming and their environmental and social implications.

To finish the activity we will reach some conclusions in which the new knowledge is accomodated (fixed). They also discuss possible actions to reduce our comsumption, and the effects in the environment.

1. Introducción

El Centro de Formación Ambiental «La Chimenea» perteneciente a la Comunidad de Madrid es un centro de formación regional de régimen singular cuya finalidad es la realización de actividades de For-

mación Ambiental, destinadas al profesorado de Educación Primaria y Secundaria. Es singular, entre otras razones, porque la formación que se imparte es para los profesores y profesoras, pero los programas de actividades van dirigidos a su alumnado.

Entre sus objetivos se encuentra «Poner a disposición del profesorado recursos que favorezcan la incorporación de la Educación Ambiental en sus Programaciones Didácticas». Nuestra oferta educativa intenta ser una guía para que el profesorado asistente adquiera una concienciación y disponga de unos recursos que le permitan integrar la Educación Ambiental en el currículum.

Actualmente, nos encontramos con un grave problema ambiental, el calentamiento global, asociado a un cambio climático por causas antropogénicas o naturales. Muchos estudios demuestran que diversas actividades humanas de nuestro modelo productivo, como la agricultura, la industria o el transporte, son el principal factor del calentamiento global, lo que conocemos como efecto invernadero. Este hecho está generando una subida en la temperatura media terrestre que acarrea sequías, tormentas, derretimiento de glaciares, desiertos, modificación de ecosistemas, etc.

Por otro lado, nuestro modelo de producción y consumo es voraz y descomunal. Los valores dominantes del imaginario colectivo, las modas y las innovaciones tecnológicas, entre otras razones, generan continuamente nuevas necesidades que nos llevan a descartar productos que todavía tienen una vida útil, a la vez que adquirimos un gran número de productos que en realidad no necesitamos sin cuestionarnos nada al respecto. Todo esto provoca impactos medioambientales, en algunos casos irreversibles, como agotamiento de los recursos naturales, destrucción de ecosistemas, contaminación de diferentes tipos, pérdida de biodiversidad natural y cultural, pobreza, desigualdades sociales, etc.

Desde el CFA «La Chimenea» consideramos que nuestra labor educativa es mostrar y sensibilizar al profesorado y alumnado asistente sobre el actual sistema de relaciones entre la humanidad y la naturaleza, los problemas y consecuencias surgidas de esa relación y la necesidad de asumir un cambio que lleve a sentir los problemas medioambientales como propios y actuar en consecuencia, tanto individual como colectivamente.

De este planteamiento surge esta actividad dirigida para los y las alumnas que cursan el primer ciclo de Educación Secundaria. Tiene una duración de hora y media y se ubica en varias aulas y en el jardín del centro.

2. Marco teórico

Para el diseño de esta actividad nos basamos en los siguientes conceptos:

- La Educación Ambiental es un enfoque educativo por el que se pretende que las personas adquieran conocimientos, interioricen actitudes y desarrollen hábitos que les permitan modificar la conducta individual y socialmente en relación con el medio ambiente en el que se desenvuelven, de tal forma que exista una adecuada sostenibilidad de los recursos naturales y la sociedad. Comparte los cuatro pilares de la Educación en general, aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a convivir con los demás y aprender a ser.
- La Mochila Ecológica, concepto desarrollado por el profesor Friedrich Schmidt-Bleek en 1994, del Instituto Wuppertal, que se define como «*Suma de materiales movilizados y transformados durante todo el ciclo de vida de un bien de consumo desde su creación hasta su papel como residuo».* Supone una representación simbólica del «peso» de los impactos ambientales. Por ejemplo, 200 gramos de algodón (una camiseta) implican 4,5 toneladas de recursos. Desde «La Chimenea» la medida que empleamos refleja sólo la «carga» de los impactos ambientales producidos mediante el cálculo de la huella de carbono, aunque se nombran otros impactos.

- La Huella Ecológica es un indicador que expresa el área de territorio ecológicamente productivo, pastos, bosques, cultivos o ecosistemas acuáticos, que se necesita para producir los recursos utilizados y para asimilar los recursos producidos por una población dada con un modo de vida determinado, y comparado con la biocapacidad del planeta. Esto lo convierte en un indicador clave para la sostenibilidad. A nivel mundial, la biocapacidad existente es de 1,7 hectáreas por persona, es decir, si repartiéramos el terreno biológicamente productivo tocaríamos a 1,7 hectáreas por habitante del planeta; sin embargo, la huella ecológica actual es de 2,8 hectáreas por persona, lo que significa que se necesitan dos planetas para satisfacer el actual ritmo de consumo y generación de residuos. Este concepto fue desarrollado por Wackernagel y Rees («*Nuestra huella ecológica: la reducción de impacto humano sobre la Tierra*».)
- La Huella de carbono es la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto.
- Life cycle analysis. Análisis del ciclo de vida (de la cuna a la tumba). Es una herramienta de evaluación ambiental, que consiste en un proceso objetivo de evaluación de las cargas ambientales asociadas al ciclo de vida de un producto, proceso o actividad. Investiga y evalúa los impactos ambientales de un producto o servicio durante todas las etapas de su existencia (extracción, producción, distribución, uso y desecho), mediante la cuantificación del uso de recursos («entradas» como energía, materias primas, agua) y emisiones ambientales («salidas» al aire, agua y suelo) asociados con el sistema que se está evaluando.

3. Objetivos de la actividad

Orientados al profesorado:

- Valorar la integración de la Educación Ambiental como parte de su práctica educativa.
- Conocer un recurso educativo.

Orientados al alumnado:

- Valorar el ciclo de vida de un producto, desde la explotación de las materias primas y recursos naturales que necesita hasta la gestión de los residuos que genera, mediante su huella de carbono.
- Conocer algunos de sus impactos medioambientales.
- Concienciar sobre la ingente cantidad de recursos y energía empleados en un producto «desde su cuna hasta su tumba» que conlleve a un consumo crítico y responsable.

4. Desarrollo de la actividad

La actividad comienza en gran grupo, el cual queda dividido en 6 subgrupos. Se les explica que vamos a realizar una *gymkana* en la cual vamos a analizar el ciclo de vida de dos productos que le son muy familiares, un teléfono móvil de última generación o un pantalón vaquero, según el grupo.

Se les reparte el material explicándoles su utilidad. Este material consiste en dos mochilas donde guardarán y transportarán el «peso o carga» de los impactos ambientales explicitados con la huella de carbono de cada fase del ciclo de vida; este peso o carga se representa mediante botes con tres pesos de nubes de 1/2 kg, 1 kg y 3 kg de CO_2. Además, se les entrega una caja donde se incluye: un croquis con los puntos del recorrido (Explotación de materias primas y recursos, Procesamiento de materiales, Fabricación, Empaquetado, distribución y transporte, Uso del producto, Gestión de residuos); un mapamundi con un diagrama de los transportes efectuados y medios de transporte empleados durante el ciclo de vida del producto; un sobre por cada fase con dos fichas; una, en la que se les indica la prueba que han de realizar

e incluye una breve explicación sobre contenidos claves de esa fase; y otra, con las nubes (huella de carbono) que han de coger por los impactos ambientales generados en esa fase.

Ejemplos de los dos tipos de fichas:

FASE 4: EMPAQUETADO, DISTRIBUCIÓN Y TRANSPORTE DEL VAQUERO

Las materias primas recorren grandes distancias para su procesamiento y refinado. También ocurre lo mismo con los productos manufacturados, que se fabrican en determinados países y se transportan hasta otros para su distribución y venta.

En el mapamundi que se encuentra en el interior de la caja, podréis visualizar algunas de las rutas y medios de transporte que sigue el ciclo de vida de un pantalón vaquero, desde la obtención de materias primas hasta que se desecha.

Para conseguir las nubes de CO_2 de esta fase deberéis elegir un medio de transporte, representarlo entre algunos miembros del grupo y transportar a algún compañero al menos 5 metros de distancia.

Disponéis de 5 minutos para superar esta prueba.

En la tarjeta de la huella de CO_2 tenéis las nubes de CO_2 que se liberan en esta fase. Cogedlas y colocadlas en vuestra mochila.

Figura 1. Hoja de instrucciones.

HUELLA DE CO_2 CORRESPONDIENTES AL PROCESAMIENTO DE MATERIALES DE UN VAQUERO

A la hora de valorar la huella de CO_2 correspondiente a esta fase, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Las fábricas de telas y minas e industrias metalúrgicas consumen combustibles fósiles para la iluminación, maquinaria, fundición, refrigeración o calefacción, etc…
- Se producen 3,5 kg de CO_2. Coged tres nubes de tres kg y una de medio kg.

Este peso es tan solo una parte de toda la huella que genera el procesamiento de materiales. Para calcular el peso real habría que tener en cuenta datos como:

- La contaminación de agua y atmósfera en procesos como el lavado y tinción de telas, dando lugar a la muerte de muchos organismos, y diversas enfermedades en los trabajadores o en los consumidores de recursos (agua) que quedan contaminados tras el procesamiento.
- Las graves enfermedades (silicosis) y muertes producidas por las malas condiciones laborales de los trabajadores en países en vías de desarrollo en los procesos de tintado, envejecimiento y desgastado de las telas.

Figura 2. Huella de carbono.

A continuación, partiendo de los conocimientos previos del alumnado mediante una lluvia de ideas y reflexión, se sintetiza qué es el calentamiento global y el efecto invernadero relacionándolo con la huella de carbono. Se repasan las fases del ciclo de vida de un producto para acabar cuestionándoles si creen que el móvil y el vaquero generan impactos ambientales y de qué tipos, formulando cada grupo una hipótesis de trabajo al respecto.

Una vez superadas las pruebas, cada educadora reúne a dos grupos para realizar las conclusiones de la actividad.

Se les pide sus impresiones sobre la experiencia vivida: qué les ha parecido la *gymkana*; qué han sentido al llevar el peso de la mochila,…

Después, se les reparte un mural en el que hay tres siluetas por cada fase para que encajen unas fichas que contienen: una fotografía representativa de la fase en cuestión, una ficha con los impactos medioambientales producidos en cada fase y otra en blanco donde han de escribir de cada fase posibles soluciones para erradicar o minimizar dichos impactos.

Por último, se realiza una puesta en común sobre el trabajo realizado y se termina con una reflexión grupal mediante preguntas como si existe una relación entre las actividades humanas y el efecto invernadero; si creen que refleja un problema real al que hay que enfrentarse para poder solucionarlo; qué podemos hacer para consumir de forma responsable; si creen que es posible llevar a cabo las soluciones que han aportado… Para acabar cuestionándoles si su hipótesis de trabajo se ha verificado o refutado y por qué.

Para finalizar, se les comenta que podemos adoptar actuaciones individuales como las que han aportado y otras colectivas como la que se va a realizar en la siguiente sesión: una ejemplificación de un banco del tiempo y de un trueque, que representan dos buenas prácticas ambientales.

5. Conclusiones

En las evaluaciones que realiza el profesorado queda reflejado su interés y satisfacción respecto a la actividad, lo que implica el elemento motivador y concienciador necesario para que integre la educación ambiental en su práctica docente y en el currículum escolar.

Respecto al alumnado, venimos comprobando mediante las conclusiones que identifican la interacción entre los factores naturales y la intervención humana, que conocen algunas formas de aprovechamiento de los recursos naturales y el impacto ambiental que se generan y una intención de adoptar hábitos que contribuyan a la protección del medio ambiente.

Bibliografía

Yarrow, Joanna (2008). *365 ideas para reducir tu huella de carbono*. Blume.

Blaquedano, Manuel (2011). *Tu huella ecológica*. Editorial Cuatro vientos.

Wackernagel y Rees (1996). *Nuestra huella ecológica: la reducción de impacto humano sobre la Tierra*.

INSTITUTO WUPPERTAL www.wupperinst.org

Prácticas de Biología aplicada: estudio de tiburones

José María Espinosa Gutiérrez[1,2], Ana Vanessa Hernández Rodríguez[1], Patricia Sánchez-Villacañas Pérez[1]

C/ Verodes n.º 36, Tabaiba; 38190 El Rosario; S/C de Tenerife. Tfno.: 660045132.
jomaesgu@ull.es

[1] *CPEIPS Cisneros Alter*

[2] *Departamento de Biología Animal (UDI Ciencias Marinas), Facultad de Biología (ULL). Tenerife, España.*

Palabras clave: Tiburones, inglés, 4.º ESO, prácticas, motivación.

Keywords: Sharks, english, 4th Grade, practices, motivation.

Resumen

En el presente artículo se narra y explica la experiencia educativa llevada a cabo en el centro de trabajo del ponente sobre unas prácticas con tiburones y condrictios en general, llevadas a cabo con material propio y otro cedido por la Universidad de La Laguna. Este programa de prácticas fue llevado a cabo durante los cursos 2009/2010 y 2010/2011 con 196 alumnos de 4.º de ESO (ocho *clases*). El programa de prácticas constaba de 10 sesiones. Las dos primeras de teoría se desarrollaron en el aula. Las ocho sesiones restantes se llevaron a cabo en el laboratorio de prácticas.

Las dos sesiones de teoría se impartieron en español, pero todo el material del que disponían los alumnos se encontraba en inglés. Se les facilitó las presentaciones de las dos sesiones teóricas previamente para que pudieran tomar anotaciones en ellas –en español– y los guiones de prácticas, artículos y fichas descriptivas de las especies, en inglés.

La valoración general de las prácticas llevada a cabo por el alumnado fue excelente. La motivación dentro y fuera del laboratorio hacia la asignatura creció de manera exponencial, por lo que consideramos el trabajo llevado a cabo un éxito motivador para conseguir involucrar al alumnado en el estudio y trabajo de la asignatura.

Abstrac

In this study we show how a task on sharks was done with High Scholl students, as the result of a collaborative work between the University of La Laguna and the High School. This project was done during the 2009/2010 and 2010/2011 academic years with 196 pupils of 4th degree (Spanish Educational System) (eight classes). The practice program was made of 10 Practice Units (one per session). The first two, theorical, were taught in our own classroom. The other eight sessions were done in the Laboratory.

The two theorical sessions were taught in Spanish, but the teaching material given to the pupils were written in English. The educator gave them the power point slides (in Spanish) and the practice scripts, scientific papers and species flash cards, in English.

Pupils were pleased with this project. The motivation had an exponential increase so we think that it was an interesting work to involve the students in the Biology subject.

Introducción

A principios del curso 2009/2010, aprovechando que se disponía de unos recursos didácticos procedentes de la Universidad de La Laguna, se decidió diseñar una serie de prácticas sobre los condrictios (peces cartilaginosos).

Tras varias reuniones se decidió que empezaríamos por 4.º de la ESO, dada su madurez y ganas de aprender. En general, los cuatro cursos de este nivel destacaban por sus excelentes notas, exquisito comportamiento e implicación en todas las actividades extraescolares del Centro.

Con la ayuda del Gabinete Psicopedagógico del Centro y del Departamento de Inglés, se programaron las actividades y los guiones de prácticas en inglés.

Material y métodos

Los recursos consistieron en estructuras esqueléticas variadas (mandíbulas y maxilas, columnas vertebrales, etc.), aletas y órganos copuladores. También se disponía de algunos órganos como hígados, corazones y estómagos, conservados en alcohol.

Incluso se disponía de embriones, unos todavía con el saco vitelino, otros sin él. Estos embriones estaban, originariamente, conservados en formol, por lo que hubo que lavarlos previamente y luego fijarlos en alcohol, para que los alumnos no estuvieran expuestos a los efluentes gaseosos del formaldehído (ver *figura 1*).



Figura 1. Embriones de tiburón. Espinosa (2006).

Las dos primeras prácticas, de una hora de duración cada una, se llevaron a cabo en el aula. En la primera de ellas se explicaron, con ayuda de una presentación de Power Point y fotografías varias, los tipos de peces que existen (condrictios y osteíctios) y dentro de los condrictios sus distintas clases.

La programación y temporalización de cada una de las prácticas fue previamente desarrollada por el Departamento de Ciencias y revisada por el Departamento Didáctico y de Orientación y el de Inglés. La programación debe estar preparada, interiorizada y estudiada antes del comienzo del curso. Deben estar perfectamente indicados la temporalización, actividades, criterios de evaluación, etc.

Se hizo especial hincapié en las especies presentes en Canarias y en las que, muy de casualidad, podrían encontrarse los alumnos si se bañan con unas gafas y un tubo (*snorckeling*).

Lógicamente, la parte más llamativa para ellos no fue esta, sino aquella en la que se exponen los tiburones más peligrosos y los métodos de actuación ante ataques.

Dentro de la presentación también se hizo un hueco para comentar las campañas oceanográficas con las que se obtuvieron los ejemplares cedidos por la Universidad de La Laguna, métodos de captura, carnadas, etc. (Ver *figura 2*).



Figura 2. Tiburones siendo izados a bordo. Espinosa (2006).

Por supuesto, se oía una ovación cada vez que aparecía una foto de un científico empequeñecido por el tiburón que tenía al lado.

La motivación creada fue tal que tuve que parar la ronda de preguntas en varios cursos, prometiéndoles continuar con ellas en la siguiente sesión de la asignatura de Biología y Geología.

En la segunda sesión teórica se explicó la anatomía externa e interna de los dos grupos principales de los condrictios (mantas y tiburones). Se obviaron las quimeras al tener poco interés y no contar con ejemplares. Como anécdota tengo que mencionar que muchos de los alumnos recordaban, de manera bastante aproximada, sus características, al haber visto un ejemplar en una visita al Museo de la Naturaleza y el Hombre del Cabildo de Tenerife durante el curso anterior (3.º ESO).

Las prácticas en el laboratorio fueron las siguientes:

– Tiburones I: morfología general.

– Tiburones II: tipos de aletas.

– Tiburones III: hidrodinámica.

– Tiburones IV: alimentación.

– Tiburones V: tipos de dentición y dentaduras.

– Tiburones VI: anatomía interna.

– Tiburones VII: Sistema circulatorio y digestivo.

– Tiburones VIII: Sistema reproductor y embriones.

En la primera de las prácticas se estudió la morfología general de los condrictios, diferenciando los distintos tipos de morfologías corporales. Se trató, por medio de actividades guiadas, que el alumnado relacionara estas morfologías con sus posibles funciones o utilidades. En la segunda, se explicaron los dos tipos principales de aletas que existen (pares e impares) y se procedió a su identificación y caracterización por los alumnos.

La práctica de hidrodinámica se llevó a cabo analizando las distintas estructuras que presentan estos animales para reducir su rozamiento. Para ello hubo que repasar conocimientos de física general e introducir otros nuevos de física de fluidos. Con respecto a la alimentación, se observaron distintos contenidos estomacales (en fotos, porque se abrieron durante la campaña oceanográfica) y se relacionó su contenido con su tipo de morfología corporal, hábitat, dentición, etc.

La práctica cinco completó la anterior, ya que parte de la dieta de este tipo de organismos puede determinarse mediante la observación de sus mandíbulas. Fue una de las prácticas más motivadoras. En la siguiente se llevó a cabo un estudio general de identificación de las distintas estructuras internas.

En las dos últimas prácticas se desarrolló lo aprendido en la anterior, llevando a cabo un estudio pormenorizado de los distintos órganos, aparatos y sistemas de los tiburones (también mediante fotografías), relacionándolo con lo aprendido en la asignatura de Biología y Geología del curso anterior.

Resultados y discusión

El trabajo fue muy duro al principio del curso porque tuvimos que desarrollar las programaciones, tal y como dijimos, en los dos idiomas y preparar todas las actividades de las distintas prácticas. Pero mereció la pena. Se obtuvo una motivación extraordinaria.

Los alumnos no tuvieron grandes dificultades para comprender e interiorizar los distintos conceptos y partes de los tiburones en los dos idiomas. Con esto se incrementó el vocabulario que el alumnado adquiere durante la enseñanza obligatoria. De hecho, durante este curso el profesorado de idiomas de Bachillerato ha manifestado que han notado un sustancial incremento en el vocabulario Técnico-científico de los pupilos. Así como una notable fluidez en los exámenes orales (*speakings*). «Han perdido el miedo a usar el idioma», nos manifiestan.

El objetivo fundamental por el que diseñamos las prácticas se cumplió: la motivación por la asignatura de Biología, y en Ciencias en general, sufrió un incremento exponencial. El objetivo secundario también se cumplió: el profesorado encargado de las prácticas se ganó el respeto y la admiración del alumnado. Pero no por sanciones ante conductas no correctas o malas respuestas, sino porque veían al profesorado como auténticos especialistas en temas de su interés.

Otro de los factores que influyeron en este éxito fue la libertad total para preguntar de la que disponían los alumnos. Preguntaron de todo. Valoraban tanto las respuestas inmediatas como cuando se les decía que para estar seguro tenía que consultar la bibliografía. Considero esto importante para desmitificar el conocimiento total por parte del profesorado. Somos buenos, pero no dioses.

Agradecimientos

Queremos agradecer al Equipo Directivo del centro la confianza depositada en nosotros. Esperamos mantener esta para poder ampliar el proyecto.

Así mismo, agradecemos a los Departamentos de Idiomas, de Orientación y de Ciencias, el trabajo llevado a cabo. Han sido horas y horas de reuniones, correcciones, reprogramaciones, discusiones… pero al final ha valido la pena.

Especialmente a las dos coautoras de este artículo, por su paciencia, ánimo y confianza. Su capacidad de trabajo ha sido descomunal y ha tenido sus frutos.

Bibliografía

Espinosa, J. María (2010). Alumnos de Altas Capacidades y las NTIC. En Polo, P. (coord.), Libro de Actas del Congreso Internacional Virtual de Educación CIVE 2010, Islas Baleares, Universidad de Las Islas Baleares, Ed. Universidad de Las Islas Baleares, CD-ROM.

La ciencia en el aula: materiales y experiencias

La fotosíntesis en los manuales universitarios de fisiología vegetal

Irene Angosto Sánchez

Doctoranda del Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales.
Facultad de Educación de la Universidad Complutense de Madrid.
ireneangosto@gmail.com

Palabras clave: Didáctica de la Biología, errores conceptuales, fotosíntesis, libros universitarios, nutrientes minerales.

Keywords: Biology didactics photosynthesis, mineral nutrients, misconceptions, university textbooks.

Resumen

El tema de la fotosíntesis siempre ha sido uno de los más complicados para los alumnos en su asimilación y comprensión, siendo muy numerosos los errores conceptuales acerca de este proceso en todos los niveles educativos, desde Primaria hasta niveles universitarios y alcanzando a los propios profesores de instituto. Este problema está derivado de una malla muy compleja de factores que han sido objeto de estudio desde los años 80. Pero nosotros hemos querido estudiar cómo explican la fotosíntesis los manuales universitarios de fisiología vegetal como pilares del conocimiento. Estos textos, excepto rarísimas excepciones, están llenos de «vacíos» y contradicciones, sobre todo acerca de la concepción de la fotosíntesis como el proceso completo de síntesis de materia orgánica a partir del uso de la energía lumínica y de materia inorgánica. Este tema no suele tratarse de manera completa al contemplar solo la síntesis de hidratos de carbono. Esto puede parecer un detalle sin importancia, ya que se necesitaría únicamente una mayor concreción para aclarar ese punto. Sin embargo, esta visión desestructurada conlleva sin duda a una cadena de errores conceptuales al provocar que los estudiantes o los profesores que imparten esta asignatura no comprendan el proceso como un todo.

Abstract

Regarding understanding and asimilation, Photosynthesis has been one of the most complicated subjects in the class, accruing a huge amount of misconceptions in all of the different educational levels, from Primary to the end of the Secundary School, reaching university students and, even, the high school teachers. This is a derivated problem caused by a very complex net of different factors which has been studied since the 80's. We have tried to underline some mistakes localized in the university textbooks concerning Photosynthesis having in consideration that they are the students' more important resources. For this purpose, five Plant Fisiology books have been scrutinised and we have found they are all full of contradictions and «gaps» of relevant information according to a broad vision where student could understand

the general purpose of the process, not only the sugar synthesis point of view. This could be interpreted as a mindless detail, being only fixed by a deeper explanation, however, it causes a great deal of linked misconceptions because this entails that students and teachers do not understand the meaning and purpose of the whole process.

INTRODUCCIÓN

Cualquier profesor de biología de Secundaria y Bachillerato ha podido comprobar que el tema de la fotosíntesis resulta ser uno de los más conflictivos en el aula en su asimilación y comprensión (Haslam, 1987; Cañal, 1990; Cañal, 2005). Por esto no es de extrañar que los trabajos centrados en el análisis de las concepciones de los estudiantes sobre los procesos de fotosíntesis y respiración, y la génesis de las mismas, hayan despertado un gran interés entre los investigadores desde comienzos de los ochenta (Charrier, 2006). El objetivo de estas investigaciones suele ser el de solventar la aparición de concepciones alternativas generalizadas (Charrier, 2006). Estos procesos se consideran tópicos científicos muy importantes y están reflejados en los currículos de muchos países (Köse, 2008). Parece una realidad que los errores conceptuales sobre estos tópicos aparecen de una manera generalizada en todas las culturas que trabajan sobre este proceso en la enseñanza (Köse, 2008). Además, algunas de estas ideas alternativas aparecen en los niveles de Primaria y se mantienen hasta niveles universitarios, estando presentes incluso en los mismos profesores (Cañal, 1990), llegándose a considerar que una de las razones de la aparición de estos fallos conceptuales en los estudiantes son precisamente los errores de los propios profesores (Sanders, 1993; Köse, 2008). Por este motivo podemos encontrar trabajos de investigación acerca de este tema en todos los niveles de enseñanza (Charrier, 2006).

A pesar de que estas ideas empiecen a aparecer en niveles de Primaria, en España es en Secundaria donde se aborda con cierta extensión y detenimiento la temática de la nutrición vegetal propiamente. Por eso, centrándonos en los niveles de Secundaria hemos podido encontrar en la bibliografía cerca de 50 concepciones alternativas distintas, y varias de ellas tienen que ver con la idea de que la fotosíntesis, al igual que la respiración, es un proceso de intercambio gaseoso, lo que demuestra un error de base muy generalizado. Como ejemplo nombraremos las siguientes:

- La fotosíntesis introduce CO_2 y expulsa O_2 por el día mientras que por la noche funciona al revés (Maskill, R. and A.F.C. Cachapuz, 1989; Cañal, 2005; Prokop, P. and J. Fancovicová, 2006; Köse, 2008).
- No se puede dormir con plantas en la habitación porque consumen el O_2 (Cañal,1990; Charrier y Obenat, 2001; Köse, 2008).
- La fotosíntesis es la respiración de las plantas (Maskill, R. and A.F.C. Cachapuz, 1989; Thomas, G.V. and A.M.J. Silk, 1990; Hazel, E. and M. Prosser, 1994; Abdullah, A. and J. Scaife, 1997; Prokop, P. and J. Fancovicová, 2006; Köse, 2008).
- La fotosíntesis sirve para producir O_2 (Abdullah, A. and J. Scaife, 1997; Cañal, 2005; P. Prokop and J. Fancovicová, 2006; Köse, 2008).
- Las plantas fotosintetizan por el día y respiran por la noche (Cañal, 1990; Eisen y Stavy, 1993; Charrier y Obenat, 2001; Cañal, 2005; Köse, 2008).

En general confunden la fotosíntesis y la respiración, en todos los sentidos. Confunden constantemente los productos o los sustratos de ambos procesos. También aparece la idea de que la finalidad de la fotosíntesis es la obtención de energía, que es en realidad el objetivo de la respiración (Astudillo y Gené, 1984; Rumelhard, 1985; Stavy, Eisen y Yaakobi, 1987; Cañal, 1990; Eisen y Stavy, 1993; Charrier y Obenat, 2001; Köse, 2008), y desconocen por completo el papel del CO_2 y del O_2 (Astudillo y Gené, 1984; Charrier y Obenat, 2001) en cualquiera de los dos procesos.

La producción de estas concepciones alternativas parece estar relacionada con una malla compleja de factores (Battinger *et al.,* 1988; Cañal, 1990) como una formación científica deficiente de los docentes en relación a este proceso, insatisfactorias condiciones de trabajo, inadecuada e insuficiente preparación didáctica, materiales curriculares con planteamientos tradicionales, contenidos no actualizados o con errores en los libros de texto, un esquema rígido de la organización escolar y las influencias negativas del contexto sociocultural cotidiano (Cañal, 1990). Por ejemplo, uno bastante llamativo podría ser el exceso de información proporcionada por los docentes (Cañal, 1990; Eisen y Stavy, 1993), a la vez que los estudiantes tienen verdaderas carencias en formación básica para comprenderlo como la falta de conocimientos de química en el momento en el que se explica el proceso mediante las reacciones químicas (Cañal, 1997). Además, les resulta difícil entender a los seres vivos como sistemas químicos (Campestrini, 1992; Eisen y Stavy, 1992), o comprender que los gases son sustancias y ciertos procesos a nivel celular (Cañal, 2005). Habitualmente, los propios libros de texto resumen en una misma ecuación la fotosíntesis y la respiración separadas por una flecha de dos direcciones, dando así a entender que ambos procesos son opuestos (Barras, 1984; Cañal, 1999) e induciendo a la idea de que ambos procesos no se pueden dar a la vez. También los libros, y los profesores, proporcionan una visión antropomórfica de los procesos biológicos utilizando el modelo animal para las explicaciones fisiológicas, como la respiración o la nutrición, por tanto los alumnos tienden a solapar el modelo animal sobre el vegetal para darle sentido a lo que saben. Por ejemplo, llegan a la conclusión de que las raíces son la boca de las plantas, por lo que entienden que las plantas comen tierra (Cañal, 1990; Cañal, 2005; Köse, 2008).

Últimamente se ha trabajado mucho por mejorar algunos de estos factores, pero lo que es innegable es que aún queda mucho por hacer ya que recientes estudios siguen comprobando que estas ideas alternativas permanecen presentes.

En esta línea, el año pasado iniciamos una investigación acerca de las ideas de los alumnos de Secundaria y Bachillerato sobre la fotosíntesis. La idea principal era comprobar si los errores conceptuales de la fotosíntesis desaparecían según los estudiantes avanzaban en su formación académica. Lo cierto es que aunque la investigación fue modesta, los resultados fueron suficientes como para seguir investigando.

Se pasaron los cuestionarios a 100 alumnos repartidos en tres cursos, 2.º de la ESO, 4.º de la ESO y 2.º de Bachillerato, a finales del mes de mayo y lo que se observó es que, si bien era cierto que ciertos errores parecían disminuir, otros no se solucionaban y otros, incluso, empeoraban.

A modo de ejemplo diremos que ciertas ideas sacadas del saber popular, como que es peligroso dormir con plantas porque nos podemos quedar sin oxígeno, van desapareciendo según los alumnos aumentan su formación académica, al igual que poder concebir los gases como sustancias e incluso como alimento ya que los estudiantes aumentan en conocimientos sobre química. Sin embargo, la idea de que la finalidad de la fotosíntesis es la de producir oxígeno parece mantenerse más o menos constante en incidencia a lo largo de los niveles estudiados y en otras afirmaciones como que solo las plantas verdes realizan la fotosíntesis, la idea de que la fotosíntesis es el proceso contrario a la respiración o que las plantas fotosintetizan por el día y respiran por la noche, los errores parecen aumentar a la vez que lo hace la formación académica. Además de observar esta progresión pudimos relacionar estas últimas cuestiones como aquellas en la que la causa es la propia formación. Según aprenden los procesos metabólicos, las reacciones químicas con su estequiometría, los pigmentos y los orgánulos necesarios para que se den estos procesos, dejan de ver el proceso en su conjunto y de comprender su objetivo dentro de los ciclos biológicos y de reciclado de la materia y traspaso de energía. Tantos son los detalles que aprenden que olvidan la idea general.

Una vez visto esto, decidimos realizar un breve análisis de los libros de texto de Secundaria y bachillerato sobre el tema. Estos libros no contenían errores conceptuales pero sí «vacíos» de información sin la que puede ser difícil comprender el proceso completo como un todo. Realizamos una serie de entrevistas semiestructuradas a los profesores de Secundaria y pudimos comprobar que no todos comprenden bien este proceso. También preparamos un cuestionario para los alumnos del Máster de Formación del

Profesorado, estudiantes recién licenciados en biología con vocación académica y observamos que era precisamente en la finalidad de la fotosíntesis donde los estudiantes cometían más errores. De 17 alumnos encuestados solo 3 (el 18%) conocían que la finalidad de la fotosíntesis incluía la síntesis de aminoácidos, de ácidos grasos y de ácidos nucleicos además de los carbohidratos. El resto (el 82%) se dividen entre los que creen que la finalidad es la producción de carbohidratos (el 35%), los que piensan que además de los carbohidratos también tiene como objetivo la producción de oxígeno (el 41%) e incluso hay un estudiante (6%) que solo considera la producción de oxígeno como la finalidad del proceso. Este estudio, aunque modesto, obtuvo unos resultados bastante llamativos ya que se esperaba una respuesta más homogénea a una pregunta tan básica como es la finalidad de un proceso tan importante como es el de la fotosíntesis en unos recién licenciados. Esto nos llevó a iniciar un estudio de los manuales universitarios de fisiología vegetal más utilizados por los estudiantes de biología.

ANÁLISIS DE MANUALES

Para hacer el estudio en profundidad de los manuales de fisiología vegetal hemos escogido cinco de los manuales más utilizados en el estudio de esta materia en la Universidad Complutense de Madrid: el Guardiola Bárcena de 1990, el Barceló Coll del 2003, el Strasburger del 2003, el Azcón-Bieto del 2008 y el Lincoln Taiz del 2006; aunque el Strasburger no es un texto exclusivamente dedicado a la fisiología vegetal sino que es un tratado de botánica muy importante e incluye un bloque entero (de tres) sobre fisiología vegetal. Respecto a la profundidad en la que trata la materia no es inferior comparado con el resto de libros analizados, por eso, siendo nuestra intención analizar los textos más relevantes para los estudiantes o para cualquier persona que pretenda encontrar información acerca del tema, era importante incluirlo.

Con el objetivo de que su análisis resulte más sencillo de comprender, nos referiremos a estos libros numerados del uno al cinco ordenados desde el más antiguo al más moderno según su fecha de publicación y por orden alfabético como segundo criterio.

El estudio se ha basado en analizar cinco cuestiones en cada uno de los manuales que pretenden comprobar si los textos tratan el proceso de la fotosíntesis de una forma global, en la cual el objetivo del proceso sería la producción final de todos los nutrientes orgánicos básicos para el desarrollo de la planta o si, en cambio, considera que la finalidad de la fotosíntesis es exclusivamente la síntesis de azúcares.

Las cinco cuestiones son las siguientes:

1. Definición general de la fotosíntesis que dan los textos y utilización del esquema de la fotosíntesis dividido en dos etapas.
2. Separación del metabolismo del nitrógeno y del azufre del metabolismo del carbono.
3. Importancia que se da a los procesos de asimilación fotosintética del nitrógeno y del azufre medido según la cantidad relativa de texto que se dedica a estos apartados en comparación con la que se dedica a la del carbono.
4. Relación que se hace entre el metabolismo del nitrógeno y del azufre con la luz y la fotosíntesis dentro del desarrollo de estos temas en particular.
5. Cualquier error en el tratamiento de la fotosíntesis ajeno a este tema en particular pero reseñable para la didáctica del proceso en cualquier caso.

1. DEFINICIÓN DE FOTOSÍNTESIS

Todos los manuales dividen la fotosíntesis en las mismas dos fases. La primera fase sería la etapa fotoquímica en la que se obtiene el ATP y el NADPH como los productos finales y la segunda etapa sería la puramente metabólica, donde a partir de esa energía y ese poder reductor se obtendrían como produc-

tos las moléculas orgánicas que sirven de nutrientes orgánicos para la planta. Los cinco manuales muestran esta división en sus índices organizando en temas distintos y siempre consecutivos la etapa de fotofosforilación y la de asimilación del CO_2, sin embargo, nunca en estos epígrafes se habla de ningún otro compuesto diferente al CO_2. Este punto resulta muy llamativo ya que si todos los libros admiten la división entre una fase fotoquímica y otra puramente metabólica que utiliza como sustratos los productos generados en la primera fase, no entendemos qué criterio utilizan para considerar que la asimilación del CO_2 forma parte de la fotosíntesis y la del nitrato y el sulfato no, cuando esos principios básicos son los mismos.

Respecto a la definición de fotosíntesis que ofrecen, ocurre con frecuencia que dentro del mismo libro se dan diferentes definiciones del proceso según el tema en el que nos encontremos, pero en nuestro caso con que se dé una sola vez una definición abierta a otros compuestos distintos de los azucares, consideraremos que el libro contempla esta posibilidad.

Analizando los manuales observamos que el 1 y el 4 no dan ninguna definición del proceso abierta a la producción de otros compuestos orgánicos además de los azúcares. Esto quiere decir que ni siquiera dan una definición general en la cual digan que la finalidad de la fotosíntesis es la síntesis de materia orgánica por la planta, la génesis de biomasa vegetal o el reciclado de materia. Esto es, sin ninguna duda, algo muy grave.

Sin embargo, el 2 en una de sus múltiples definiciones dice:

«Es un proceso de oxidorreducción en que un donador de electrones, el agua, se oxida, y un aceptor, el anhídrido carbónico u otro aceptor adecuado, como puede ser el nitrato o el sulfato, se reduce.»

Tras esta definición deja clarísimo que considera la asimilación del nitrato y el sulfato como procesos que forman parte de la fotosíntesis.

El 3 dice que es el proceso completo de síntesis de compuestos orgánicos a partir de energía lumínica y sustancias inorgánicas previas y el 5 ofrece incluso una reacción integradora de toda la fotosíntesis vegetal:

$$2H_2O + AO \rightarrow (+ \text{ luz}) \rightarrow O_2 + (AH_2 + H_2O)$$

Donde AO puede ser sustituido por cualquiera de las fuentes inorgánicas (CO_2, NO_3^-, SO_4^{2-}).

2. Separación del metabolismo del nitrógeno y del azufre del metabolismo del carbono

Como ya se ha dicho, todos los libros separan en temas distintos el metabolismo del carbono del metabolismo del nitrógeno y del azufre, el tema sería entonces cuánto los separan. En el caso del libro 1, que es el más antiguo, solo usa un tema para tratar el tema de la fotosíntesis y todos los conceptos y procesos relacionados con ella, por tanto, solo podemos hablar de epígrafes. En este libro, la asimilación de nitratos y sulfatos son tratados como un subapartado dentro de un epígrafe denominado «Otros procesos energizados por la luz» que se encuentra inmediatamente después del denominado «Metabolismo del carbono en la fotosíntesis». Por lo que deja entrever que existe cierto parecido entre ellos y especifica que ese parecido se trata de la luz. Pero lo que queda claro es que estos procesos no se encuentran relacionados con la fotosíntesis de ninguna manera, solo tienen similitudes.

En el caso de los libros 2 y 3 la separación es igual de clara, a pesar de que estos libros consideran la posibilidad de la síntesis de otros compuestos en la fotosíntesis. En estos casos, en cambio, no tratan la asimilación del nitrógeno y del azufre como un epígrafe o subapartado dentro de otro tema, sino que se consideran dos temas propios consecutivos al de asimilación del carbono. En el libro 2, por ejemplo, los dos temas anteriores se llaman: «Fotosíntesis: la reacción lumínica» y «Fotosíntesis: el camino del carbono», mientras que estos se denominan: «La asimilación del nitrato» y «La asimilación del sulfato», dejando así claro que estos procesos no son parte de la fotosíntesis.

Pero sin ninguna duda, el caso de los libros 4 y 5 es mucho más alarmante. Ambos libros no solo separan en temas distintos el metabolismo del carbono del metabolismo del nitrógeno y del azufre, sino que, además, entre ellos localizan otro tema que está mucho menos relacionado como lo es la respiración.

3. Importancia que se da a los procesos de asimilación de nitratos y sulfatos

Como podemos comprobar en la Tabla 1 en todos los libros se da una importancia mínima a la asimilación de nitratos y sulfatos comparada con la que se da a la del anhídrido carbónico. Además, otro dato que resulta curioso es que a pesar de que la reducción de sulfato y de nitrato son dos procesos con muchas similitudes y cuya finalidad es la misma, la síntesis de aminoácidos, en todos los manuales se le da una mayor relevancia a la asimilación del nitrato que a la del sulfato.

	C	N	N/C	S	S/C
Libro 1	32	0,5	0,02	0,5	0,02
Libro 2	24	6	0,25	4	0,17
Libro 3	19	2	0,11	1	0,05
Libro 4	38	5	0,13	2	0,05
Libro 5	31	10	0,32	4	0,13

Tabla 1. Se reflejan el número de páginas dedicadas a cada uno de los procesos de asimilación fotosintéticos y las relaciones entre las páginas que se dedican a explicar la fijación de nitrato y el sulfato frente a las que se utilizan para el carbono.

4. Relación que se hace entre el metabolismo del nitrógeno y del azufre con la luz y la fotosíntesis

El libro 1 admite que el poder reductor y el ATP generados por la luz son los responsables de la reducción de los nitratos; sin embargo, en ninguna otra parte del libro se relaciona con el proceso de la fotosíntesis.

El libro 2 solo relaciona ambos procesos al decir lo siguiente: «A su vez, el NO_3^- del suelo pasa a ser la fuente principal de nutrición del N para las plantas en donde, en gran parte, experimenta un proceso de reducción asimilatoria de NO_3^- a NH_4^+, que está ligada fundamentalmente al proceso fotosintético». La frase se encuentra en medio de la explicación del ciclo del nitrógeno general en términos ecológicos más que fisiológicos o metabólicos. Después, en la introducción del proceso, antes de desarrollarlo, dice que la mayoría del nitrato viaja por el xilema hacia las hojas donde ocurre el proceso de reducción y asimilación fotosintética de los nitratos.

En el libro 3, curiosamente, aparte del propio título del epígrafe *«Asimilación fotosintética del nitrato»* y de un esquema en el que la luz que incide en el tilacoide produce la reducción de la ferredoxina, no hay ninguna alusión a la relación que buscamos. Y en el caso del azufre dice: *«La planta absorbe azufre en forma de sulfato (…) a través de sus raíces lo reduce luego hasta el nivel de sulfuro (…). Esta reacción se da principalmente en los cloroplastos, donde luego forma parte de la fotosíntesis, (…).»* En este caso también hay un esquema donde se muestra la luz y la reducción de la ferredoxina que reduce el sulsulfito a sulfuro gracias a la sulfito reductasa.

En el libro 4 el apartado de «asimilación del nitrato» no hace ninguna referencia a la conexión de este proceso con la fotosíntesis en el texto, a pesar de describir minuciosamente las reacciones, las enzimas, los componentes y la localización de las reacciones. Sin embargo, hay una cuyo pie de foto dice así: *«Mo-*

delo de acoplamiento del flujo de electrones fotosintéticos, vía ferredoxina, a la reducción del nitrito por la nitrito reductasa». Esta figura no está referenciada en el texto. Ni siquiera se habla de la ferredoxina en el texto. Lo que muestra la figura es cómo los electrones que provienen de las reacciones lumínicas de la fotosíntesis reducen la ferredoxina, la cual parece estar relacionada con el transpaso de electrones a la nitrato reductasa para activar su grupo hemo. De nuevo una explicación vaga, insuficiente y, sin ninguna duda, incomprensible para los estudiantes que busquen respuestas en este libro. En el caso del apartado «asimilación del sulfato» no aparece ninguna conexión con la fotosíntesis.

El libro 5 en 10 páginas de desarrollo del tema de la asimilación del nitrato solo lo relaciona con la fotosíntesis con esta frase: *«El poder reductor requerido se genera en las reacciones lumínicas de la fotosíntesis o en la glucolisis y respiración».* En el caso de la asimilación de sulfato, justo después de decir lo parecido que es este proceso al del nitrato añade: *«Esta utiliza NADPH como donador de electrones, por lo que la reducción de sulfato a sulfito consume, en último término, una molécula de NADPH generado fotosintéticamente».* En ningún caso hace referencia al papel de la ferredoxina para reducir el nitrito o el sulfito.

Lo que todos libros hacen es relacionar la luz y/o la concentración de CO_2 con la regulación de la asimilación de los nitratos, pero en cualquier caso, estos serían factores de control de actividad y no pueden considerarse las relaciones entre la fotosíntesis y la reducción de los nitratos.

5. Otros errores en la enseñanza de la fotosíntesis

Aunque no es el objetivo de este artículo, no podemos obviar ciertas ideas que aparecen en los textos cuya problemática en la enseñanza de este proceso está muy apoyada por la investigación al respecto. Por ejemplo, en el libro 1 encontramos la siguiente frase: *«Las plantas, como los animales, obtienen la energía necesaria para los procesos metabólicos fundamentalmente mediante la oxidación de los azúcares, proceso exergónico que, como tal, libera energía. El proceso contrario, la síntesis de azúcares a partir de CO_2, requiere por tanto un aporte de energía: la luz en los organismos fotosintésticos».*

Podríamos considerar que lo llama «proceso contrario» por el hecho de que uno es la «degradación» de azúcares y el otro la «síntesis» de azúcares, pero en cualquier caso nos parece un error. La idea de que la respiración y la fotosíntesis son procesos contrarios está demostrado que genera importantes errores conceptuales sobre este tema.

Junto a la concepción de que es el proceso contrario a la fotosíntesis, la siguiente idea (sacada del libro 2) sería otra de las más graves a la hora de producir concepciones alternativas: *«En los experimentos de Blackman se concluía que en la fotosíntesis actúan dos procesos: uno oscuro (dependiente de la concentración de CO_2) y otro luminoso. (…). Experimentos posteriores han confirmado la utilidad de la separación conceptual de ambos procesos, oscuro y luminoso».* Aunque pocas líneas más abajo especifica: «*Los términos operacionales de fases oscura y luminosa no deben inducir a confusión; en la naturaleza ambas fases se producen en la luz pero, experimental y transitoriamente, una de ellas se puede realizar en la oscuridad».*

Conclusiones

Hace varias décadas que se está estudiando la problemática de la fotosíntesis en las aulas y aunque cada día somos más conscientes del problema, la solución parece encontrarse aún lejos cuando ni siquiera lo que describen los libros de texto está bien explicado. Los manuales universitarios especializados pueden considerarse como los recursos más fiables donde los estudiantes pueden acudir para aclarar sus dudas. Sin embargo, en lo que al proceso de fotosíntesis se refiere, la explicación y el desarrollo del proceso en la mayoría de los libros está lleno de errores, contradicciones y «vacíos» de información que dificultan el aprendizaje significativo, al dejar como mejor opción para el alumno el uso de la memoria por encima de la comprensión. El descubrimiento de la relación que existe entre la síntesis de aminoácidos y la fotosín-

tesis ocurrió hace varias décadas y, sin embargo, los libros marcan una gran resistencia a modernizar su obsoleto esquema en el que la fotosíntesis equivale exclusivamente a la síntesis de carbohidratos. Defendiendo la introducción de la síntesis de aminoácidos al proceso de fotosíntesis, no pretendemos remarcar la necesidad de una mayor profundización en el proceso, sino más bien una generalización básica para comprenderlo de una forma general y como un todo. Pero para ello lo primero que debemos cambiar es ese esquema antiguo y tradicional que se refleja la gran mayoría de los libros de fisiología vegetal.

BIBLIOGRAFÍA

- ABDULLAH, A. y SCAIFE, J. (1997). Using inteviews to assess children's understanding of science concepts. *School Sci. Rev*., 78 (285), pp. 79-84.
- ASTUDILLO, H. y GENÉ, A.M. (1984). Errores conceptuales en biología. La fotosíntesis de las plantas verdes. *Enseñanza de las Ciencias,* 2 (1), pp. 15-16.
- BARRASS, R. (1984). Some misconceptions and misunderstandings perpetuated by teachers and textbooks of Biology. *Journal of Biological Education,* 18(3), pp. 201-206.
- BATTINGER, R., TRAMOY, M., CAENS, S. y MILLOT, J. (1988). Nutrition de la plante, en *Les répresentations des élèves en Biologie.* Dijon: INRAP-ENSSAA-Lycees Agricoles.
- BARCELÓ COLL, J., NICOLÁS RODRIGO, G., SABATER GARCÍA, B. y SÁNCHEZ TAMÉS, R., (2003). *Fisiología Vegetal*. Ediciones Pirámide. Madrid.
- CAMPESTRINI, P. (1992). Sortir de la logique de Van Helmont. *Aster,* 15, pp. 85-100.
- CAÑAL, P. (1990). La enseñanza en el campo conceptual de la nutrición de las plantas verdes. Un estudio didáctico en la Educación Básica. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- CAÑAL, P. (1997). La fotosíntesis y la «respiración inversa» de las plantas: ¿un problema de secuenciación de contenidos? *Alambique,* 14, pp. 21-36.
- CAÑAL, P. (1999). Photosynthesis and «inverse respiration» in plants: an inevitable misconception? *International Journal of Science Education,* 21(4), pp. 363-371.
- CAÑAL, P. (2005). *La nutrición de las plantas: enseñanza y aprendizaje.* Madrid: Síntesis.
- DE CÓRDOBA, C.V. (1976). *Fisiología Vegetal*. H. Blume Ediciones. Madrid.
- CHARRIER MELILLÁN, M., CAÑAL, P. y RODRIGO VEGA, M. (2006). Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: Una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas. *Enseñanza de las Ciencias.* 24(3), pp. 401-410.
- CHARRIER MELILLÁN, M. y OBENAT, S. (2001). Estudio de las concepciones de futuros maestros y profesores argentinos acerca de la fotosíntesis y la respiración. *Enseñanza de las Ciencias,* 2, pp. 282.
- EISEN, Y. y STAVY, R. (1992). Material cycles in nature. A new approach to teaching photosynthesis in Junior High School. *The American Biology Teacher,* 54(6), pp. 339 -342.
- EISEN, Y. y STAVY, R. (1993). How to make the learning of photosynthesis more relevant. *International Journal of Science Education,* 15(2), pp. 117-125.
- HASLAM, F. y D.F. TREAGUST, (1987). Diagnosing econdary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple-choice instrument. *J. Biol. Edu*.,21(3), pp. 203-211
- HAZEL, E. y PROSSER, M. (1994). First-year üniversity students' understanding of photosynthesis, their study strategies and learning context. *The American Biology Teacher,* 56 (5), pp. 274-279.
- AZCÓN-BIETO, J. y TALÓN, M. (2003). *Fundamentos de Fisiología vegetal*. Ed. McGraw-Hill Interamericana. Edicions Universitat de Barcelona.
- GUARDIOLA BÁRCENA, J.L. y GARCÍA L., (1990). *Fisiología Vegetal I: Nutrición y Transporte*. Editorial Sintesis. Madrid.
- KÖSE, S. (2008). Diagnosing Student Misconceptions: Using Drawings as a Research Method. Denizli. Turkey.: Departament of Biology Education, Faculty of Education, Pamukkale University. *World Applied Sciences Journal* 3 (2), pp. 283-293.
- LINCOLN TAIZ and ZEIGER, E. (2006). *Plant physiology*. Fourth Edition. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Sunderland, Massachusetts.

- Maskill, R. y Cachapuz, A.F.C. (1989). Learning about the chemistry topic of equilibrium: The use of word association tests to detect developing conceptualizations. *Intl. J. Sci. Edu*., 11 (1), pp. 57-69.
- Prokop, P. y Fancovicová, J. (2006). Students' ideas about the human body: Do they really draw what they know? *J. Baltic Sci. Edu*., 2 (10), pp. 86-95.
- Rumelhard, G. (1985). Quelques représentations a propos de la photosynthèse. *Aster,* 1, pp. 37-66.
- Sanders, M., (1993). Erroneous ideas about respiration: The teacher factor. J. *Res. Sci. Teaching*, 30 (8), pp. 919-934.
- Stavy, R., Eisen, Y. y Yaakobi, D. (1987). How students aged 13-15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education,* 9 (1), pp. 105-115.
- Strasburger, E., Noll, F., Schenck, H. y Schimper, A. F. W., (2003). *Tratado de botánica*. 35a edición. Ediciones Omega. Barcelona.
- Thomas, G.V. y Silk, A.M.J. (1990). *An introduction to the psychology of children's drawings*. Hemel Hempstead: Harvester Wheat Sheaf.

Ciencia a diario

Belén Fernández Sánchez, Ángel Ezquerra Martínez, María Ángeles Arillo Aranda

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales
Facultad de Educación, Universidad Complutense de Madrid
C/ Rector Royo Villanova, s/n. 28040 Madrid
belenfersan@gmail.com

Palabras clave: alfabetización científica, ciencia y día a día, Programa de Diversificación Curricular.

Keywords: science literacy, science in everyday life, Curricular Diversity Program.

Resumen

En esta comunicación presentamos la experiencia llevada a cabo con un grupo de 14 alumnos de 4.º de Educación Secundaria Obligatoria del CES 1.º de Mayo, pertenecientes al Programa de Diversificación Curricular. Hemos querido hacerles ver que la ciencia forma parte de nuestro día a día, que comprendan que algunos procesos cotidianos tienen su explicación científica y, de este modo, hemos tratado de fomentar el interés del estudiante así como su implicación en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Abstract

In this paper we present the experience that was carried out with a student group belonging to the Curricular Diversity Program. We aimed to demonstrate that science is a part of our everyday life, making them understand that some habitual processes had its scientific explanation. In such a way, we tried to encourage student interest and their involvement in the teaching-learning process.

1. Introducción

Una de las finalidades a las que debe estar orientado el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias en el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria es la de propiciar una alfabetización científica a todo el alumnado, es decir, favorecer una formación científica y tecnológica adecuada que les permita desenvolverse en su día a día (RD 1631/2006[1]).

A pesar de ello, y aunque en los últimos años esta tendencia está cambiando (Jiménez Liso y de Manuel[2], 2009), por regla general, existen una serie de problemas que impiden la adecuada adquisición de esta

[1] BOE núm. 5 del 5 de enero de 2007. REAL DECRETO 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria.

[2] Jiménez Liso R. y de Manuel, E. (2009). El regreso de la química cotidiana: ¿Regresión o innovación? *Enseñanza de las Ciencias,* 27(2), 257-272.

alfabetización científica por parte del alumnado. Diversos autores (Duggan, y Gott[3], 2002; Jiménez, Sánchez y de Manuel[4], 2001; Pozo y Gómez[5], 1998 y Pro y Ezquerra[6], 2004) coinciden en señalar que dentro de estos problemas, uno de los más importantes es la desconexión entre los contenidos tratados en el aula y lo que se observa en la vida diaria. Como consecuencia de esta desconexión, la ciencia carece de relevancia para la mayoría de los alumnos y, por lo tanto, estos no aplican en su día a día los contenidos que el profesor les intenta enseñar.

Como solución a esta falta de relación entre los contenidos que se dan en el aula y el día a día del alumnado, Moreno[7] (1994) propone «*utilizar la vida a modo de 'ejemplos' inmersos en la teoría para hacerla más comprensible*». Sin embargo, Jiménez Liso *et al*[8]. (2001) no consideran suficiente la solución de Moreno, y proponen «*estructurar los cursos de ciencias en torno a las experiencias cotidianas para que de ellas surjan los contenidos*». Siguiendo la misma línea, en Reino Unido, Duggan *et al*[9]. (2001), se preguntan qué tipo de ciencia realmente necesita la sociedad y critican la falta de consenso en las reformas que se deben hacer en el currículo de ciencias.

Así pues, sería necesario analizar el rol que la ciencia juega en la vida de nuestros alumnos y adaptarlo a los contenidos que se tienen que trabajar en el aula. Nosotros como profesores no podemos cambiar el currículo, pero sí podemos adaptar sus contenidos a situaciones cotidianas, siguiendo, de este modo, las recomendaciones de Moreno[10] (1994). De este modo, se conseguiría que la ciencia fuera más útil y, por lo tanto, más atractiva para nuestro alumnado.

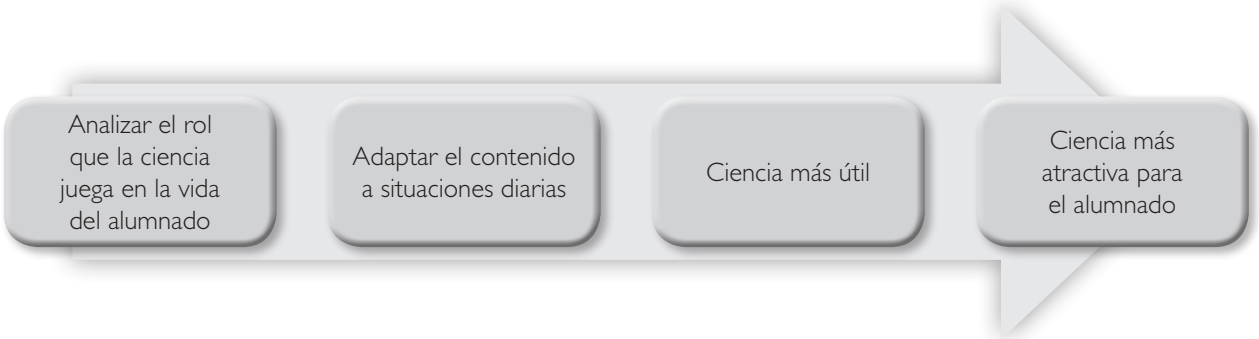


Figura 1. Proceso sugerido para desarrollar la alfabetización científica dentro del aula.

2. PROPUESTA

Una manera de adaptar los contenidos del currículo a situaciones cotidianas es mediante la realización de un «diario científico», donde el alumnado vaya anotando dos o tres hechos que se lleven a cabo en

[3] DUGGAN, S. Y GOTT, R. (2002), 'What sort of science education do we really need?' *International Journal of Science Education*, 24 (7), 661-679.

[4] JIMÉNEZ LISO, R., SÁNCHEZ GUADIX, A. y DE MANUEL, E. (2001), Aprender química de la vida cotidiana más allá de lo anecdótico. *Alambique,* 28, 53-62.

[5] POZO, J.I. y GÓMEZ CRESPO, M. (1998), *Aprender y Enseñar Ciencia.* Madrid: Morata, pp. 33-51.

[6] PRO, A. Y EZQUERRA A. (2004), La enseñanza de la Física: Problemas clásicos que necesitan respuestas innovadoras. *Alambique,* 41, 54-67.

[7] MORENO, M. (1994), Problemática científica y problemática social en la enseñanza. *Aula de innovación educativa*, 27, 9-12.

[8] JIMÉNEZ, SÁNCHEZ y DE MANUEL (2001), p. 2.

[9] DUGGAN y GOTT (2002), p. 2.

[10] MORENO (1994), p. 2.

su día a día y que tengan que ver con los contenidos que se estén dando en clase en ese momento. En este diario cada suceso se describiría dentro de dos apartados: *situación vista sin «gafas de científico» y situación vista con «gafas de científico»*.

Este diario sirve como herramienta de motivación para el alumnado, ya que son ellos mismos los encargados de buscar los ejemplos entre lo explicado en el aula y su día a día. Se trata de una tarea que se realiza durante todo el curso, teniendo al final de la tercera evaluación un diario lleno de ejemplos científicos. De este modo, los alumnos llegan a comprender que todo tiene su explicación científica y que la ciencia forma parte de nuestro día a día. Por otra parte, este diario se utiliza como una herramienta más de evaluación. Entre los puntos a tener en cuenta a la hora de evaluar podrían encontrarse los siguientes: si los sucesos descritos se ajustan a los contenidos, una correcta explicación de los hechos, la capacidad de observación, la habilidad de búsqueda en distintas fuentes de información, etc.

3. Puesta en marcha

A la hora de llevar a la práctica esta propuesta se decidió hacer un proyecto piloto con un grupo de 14 estudiantes de 4.º de la ESO que cursaban el Programa de Diversificación Curricular en el CES 1.º de Mayo, situado en Madrid. Este proyecto se realizó durante los meses de octubre y noviembre del curso académico 2011-2012.

Por norma general, los alumnos que cursan el Programa de Diversificación curricular se encuentran «atascados» en el currículo ordinario (Muzás, Blanchard, Jiménez y Melgar[11], 1999). Estos estudiantes reciben las oportunidades y la atención que necesitan para conseguir el desarrollo de los objetivos de la Educación Secundaria Obligatoria. Esto les da una muy buena oportunidad para que obtengan el Título de Graduado en Educación Secundaria Obligatoria, favoreciendo, de ese modo, su inserción en el mundo laboral y en la sociedad.

Dentro de este programa, algunas materias están agrupadas dentro de ámbitos, fomentando de este modo el planteamiento de su carácter interdisciplinario. Estos son el *Ámbito Lingüístico y Social*, que recoge las materias de *Geografía, Lengua Castellana y Literatura* e *Historia*, y el *Ámbito Científico-Tecnológico*, correspondiente a las materias de *Ciencias de la Naturaleza, Matemáticas y Tecnologías*. Es en este último ámbito, el Científico-Tecnológico, en el que se va a llevar a cabo esta experiencia.

Para llevar a cabo el Programa de Diversificación Curricular es necesario diseñar un currículo adaptado a las características y necesidades de cada uno de los estudiantes, seleccionando los contenidos y adoptando una metodología y unos criterios de evaluación que favorezcan el proceso de enseñanza-aprendizaje que este alumnado necesita. Del mismo modo, tal y como se indica en la Orden 4265/2007[12] de la Consejería de Educación, por la que se regula el Programa de Diversificación Curricular en la Educación Secundaria Obligatoria de la Comunidad de Madrid, es aconsejable que el aprendizaje dentro de este Programa sea lo más funcional posible, de manera que los estudiantes relacionen los conceptos que aprenden en el aula con su día a día, con el mundo que les rodea. Por otra parte, en lo que al Ámbito Científico-Tecnológico se refiere, en la citada Orden 4265/2007 se propone la puesta en marcha de actividades de aplicación de los distintos conceptos que se van a introducir, intentando siempre el profesorado proponer tareas originales que relacionen lo aprendido con lo nuevo. Es por todo esto que la

[11] MUZÁS, M.D., BLANCHARD, M., JIMÉNEZ, A.Y MELGAR, J.C. (1999). *Diseño de Diversificación Curricular en Secundaria.* Narcea, S.A. de Ediciones Madrid, pp. 11-18.

[12] BOCM núm. 128 del 21 de agosto de 2007. ORDEN 4265/2007, de 2 de agosto, de la Consejería de Educación, por la que se regula el programa de diversificación curricular en la Educación Secundaria Obligatoria para la Comunidad de Madrid.

propuesta de que sea el propio alumnado el encargado de realizar su propio diario científico puede resultar muy positiva.

Los contenidos que se trabajaron durante la realización del proyecto piloto fueron los pertenecientes al bloque 3 de la citada Orden 4265/2007 (*Diversidad y unidad de estructura de la materia*).

La materia, elementos y compuestos

– La materia y sus estados de agregación: sólido, líquido y gaseoso.
– Teoría cinética y cambios de estado.

4. Evolución del proyecto

Cuando se propuso a este grupo el trabajo en el diario científico y que fueran ellos mismos los que dieran ejemplos de sucesos de su día a día relacionados con los contenidos que se iban viendo en clase, esto no funcionó. Los alumnos se sentían incapaces de hacer lo que se les pedía, de relacionar los contenidos que se estaban viendo en clase con sucesos que ocurrieran en su vida cotidiana.

Como consecuencia de esto, se cambió de estrategia, siendo la propia profesora la que empezó a plantear a los estudiantes preguntas relacionadas con los contenidos que se estaban trabajando. Algunos ejemplos centrados en los contenidos anteriormente citados son los siguientes:

– ¿Por qué percibimos desde nuestra habitación el olor de la comida que se está haciendo en la cocina?
– ¿Por qué una pelota de playa aparece más hinchada si la dejamos al sol durante unas horas?
– ¿Por qué los líquidos adoptan la forma del recipiente que los contiene y los sólidos no?
– Cuando sacas una lata del congelador, en sus paredes externas aparecen unas gotitas. ¿De qué son esas gotitas? ¿Por qué aparecen?
– ¿Por qué en verano se dilatan las vías del tren?
– ¿A qué temperatura hierve el agua en nuestra casa? ¿Por qué no hierve a 100 °C?
– ¿Por qué los bolígrafos «bic» tienen un agujerito?

El objetivo principal que se intentó conseguir al plantear este tipo de preguntas fue que el alumnado se diera cuenta de que, aunque en un primer momento no supieran cómo hacerlo, es posible relacionar los contenidos que se dan en clase con su día a día y que existen muchas preguntas que, a pesar de que todavía no se han planteado, pueden ser contestadas a partir de los conocimientos que están adquiriendo.

Otro aspecto que se incorporó durante la realización del proyecto, al comienzo de la puesta en marcha, fue el de premiar con puntuación extra en su nota final a los alumnos que fueran capaces de realizar una pregunta relacionada con el tema que se estaba tratando. El problema principal de estos estudiantes no era tanto que no fueran capaces de dar una respuesta correcta a las preguntas que se planteaban, sino que ni siquiera eran capaces de realizar dichas preguntas o de tener curiosidad. Al premiar las preguntas con buena nota, se estaba acometiendo de un modo directo este problema.

A partir del planteamiento del tipo de preguntas anteriormente citadas y de la motivación por parte de la profesora premiando con puntos extra el planteamiento de cuestiones, fue el propio alumnado el que comenzó a proponer sus propias preguntas, cumpliendo con el objetivo anteriormente citado. Algunos ejemplos de las preguntas planteadas por el alumnado son las siguientes:

– ¿Por qué cuando agitas una lata que contiene alguna bebida gaseosa e inmediatamente la abres, su contenido sale de manera explosiva?
– ¿Por qué se nos taponan los oídos cuando viajamos en avión?

– ¿Cómo funciona una olla a presión?
– ¿Por qué en verano suele haber tormentas de granizo?
– Si las personas estamos formadas por aproximadamente un 60% de agua, ¿por qué no nos congelamos a temperaturas inferiores de 0 °C?

Con el planteamiento de estas preguntas, aparte de que el alumnado iba relacionando los contenidos que se estaban trabajando en clase con su vida cotidiana y mantenía una visión cercana y concreta de la ciencia, se estaba despertando poco a poco su curiosidad y su capacidad para plantearse preguntas. Tanto la curiosidad como la capacidad para plantearse preguntas fueron en aumento a medida que se fue desarrollando la actividad.

A partir de la experiencia piloto que se probó con este grupo de diversificación, la actividad propuesta cambió considerablemente. Lo importante ya no era tanto que los alumnos dieran la explicación de por qué sucedía algo, si no que se plantearan las preguntas, que fueran conscientes de que hay muchas cuestiones a las que se puede dar respuesta a partir de los contenidos que están viendo, así como que fueran capaces de plantearse dichas cuestiones. Por lo tanto, la secuencia de los pasos a seguir en el desarrollo del proceso quedaría como se muestra en la *figura 2*.

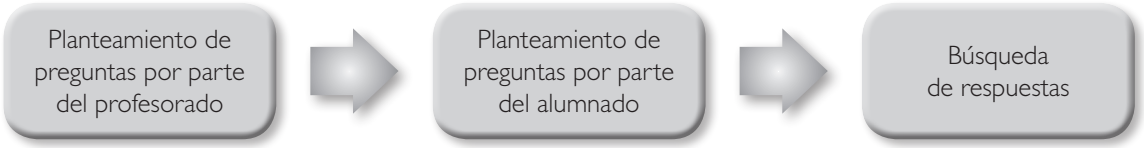


Figura 2. Secuencia de los pasos a seguir en la realización del diario científico.

Las preguntas planteadas pueden clasificarse dentro de dos grandes grupos: aquellas que en ese momento pueden ser contestadas por el propio alumnado a partir de los contenidos que se han trabajado o aquellas que no pueden ser contestadas por el alumnado en ese momento. En función de a qué grupo pertenezca cada pregunta, la búsqueda de respuesta será distinta, tal y como muestra la *figura 3*.

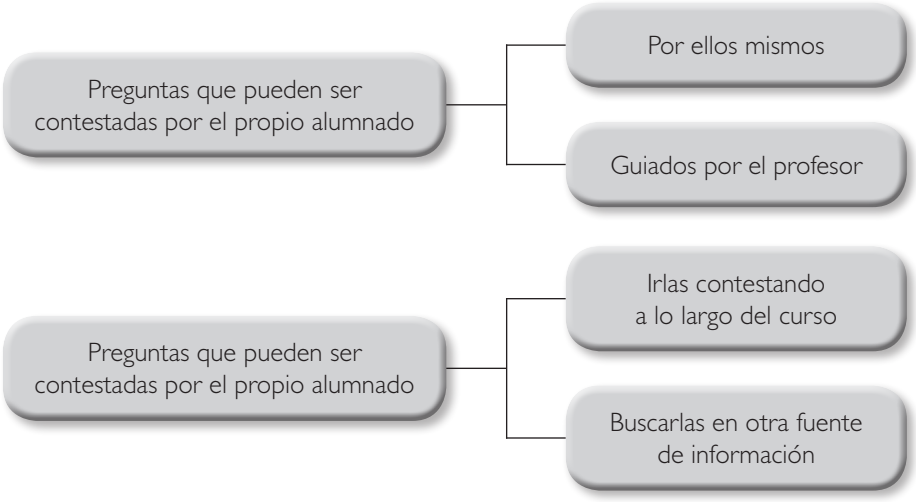


Figura 3. Clasificación del tipo de búsqueda de información en función de cómo sea la pregunta planteada.

1. Preguntas que pueden ser contestadas por el propio alumnado

Dentro de este grupo se encontrarían aquellas preguntas que en el momento en que se plantean podrían ser perfectamente contestadas por el alumnado, bien porque los contenidos con los que está rela-

cionada son los que se están trabajando en ese momento o bien porque los contenidos ya se hayan trabajado anteriormente.

Algunas de estas preguntas podrán ser contestadas directamente por el propio alumnado, siendo ellos mismos los que encuentren la relación entre la respuesta a su pregunta y los contenidos correspondientes. Otras veces, sin embargo, no será tan fácil que los estudiantes consigan llegar por ellos mismos a la respuesta adecuada, teniendo que ser guiados por el profesorado para que lleguen a la solución correcta.

Un punto positivo a tener en cuenta es que, cuando se realizó la experiencia piloto con este grupo, se observó que a medida que se fue desarrollando la actividad, se fue produciendo una mejora en la capacidad de razonar la respuesta por ellos mismos.

2. PREGUNTAS QUE NO PUEDEN SER CONTESTADAS EN ESE MOMENTO

En este grupo se encuentran las preguntas a las que el alumnado no puede dar respuesta, ni por ellos mismos ni guiados por el profesorado. Es normal que surjan este tipo de preguntas ya que, a medida que la curiosidad y la capacidad para plantearse preguntas vayan aumentando, también lo hará la complejidad de las mismas.

Puede que estas preguntas vayan a poder ser contestadas a lo largo del curso (el profesor deberá saberlo). En ese caso, se pueden dejar «apartadas» y decir a los alumnos y alumnas que ellos mismos serán capaces de encontrar la respuesta cuando corresponda. Esto puede servir como herramienta de motivación para el alumnado.

Por otro lado, puede que la pregunta no esté relacionada con los contenidos que se vayan a trabajar durante el curso. En ese caso, el profesor puede invitar al alumno o alumna a buscar la información por su cuenta y explicarla a toda la clase, aprovechando este caso para hacer hincapié sobre los puntos negativos de la búsqueda de información en internet.

5. CONCLUSIONES

Lo primero de todo, nos gustaría señalar que, como bien se ha ido viendo en esta comunicación, el desarrollo de esta herramienta ha ido cambiando desde su planificación hasta su puesta en marcha. Si bien es cierto que el objetivo principal ha seguido siendo el mismo (que el alumnado tenga presente que la ciencia forma parte de nuestro día a día y que sea capaz de relacionar esta ciencia con los contenidos que se ven en clase), parte de la metodología fue cambiando a medida que se desarrollaba la actividad. Dichos cambios fueron consecuencia directa del intento de llevar a cabo una herramienta de cuyo uso con anterioridad no tenemos constancia. Por lo tanto, hemos tenido que ir adoptando nuevas medidas sobre la marcha para que la actividad tuviera un resultado positivo.

A partir de las modificaciones que se llevaron a cabo (planteamiento de preguntas por parte de la propia profesora y bonificación con puntuación extra en la nota final al alumnado que realizara una pregunta relacionada con lo que se estaba tratando en clase), se observaron los siguientes puntos positivos:

En primer lugar se estaba cumpliendo el objetivo principal que se buscaba con la realización de este «diario científico»: el alumnado era capaz de relacionar los contenidos que se estaban trabajando en clase con sucesos que le eran familiares, por lo que se consiguió que adoptaran una visión cercana y concreta de la ciencia.

Por otro lado, se despertó la curiosidad del alumnado y aumentó su capacidad para plantearse preguntas. Como ya hemos señalado en el presente artículo, el principal problema con el que nos encontramos a la hora de poner en marcha el «diario científico» fue la falta de curiosidad y la incapacidad para relacionar

sucesos de su día a día con los contenidos que se trabajan en clase, así como la falta de habilidad para plantearse cuestiones por parte del alumnado. Hay que señalar que tanto la curiosidad como la capacidad para plantearse preguntas fueron en aumento a medida que se fue desarrollando la actividad.

A partir de los resultados obtenidos en la realización de este proyecto piloto, se recomienda a todos los docentes que quieran utilizar esta herramienta con sus alumnos, que hagan la actividad más guiada, que vayan poniendo ejemplos para que su alumnado se vaya dando cuenta de la relación de los contenidos que se están viendo en clase con su día a día.

Competencias escolares en promoción de la salud

V. Gavidia Catalán, J. Cantó Doménech, A. Hurtado Soler y A. Carratalá Beguer

Dpto. Didáctica CC. Experimentales y Sociales. Universidad de Valencia
Facultad de Magisterio, Avda. Tarongers, 4, 46022 Valencia
Valentin.Gavidia@uv.es

Palabras clave: Promoción de la salud, competencias, educación para la salud.

Keywords: Health promotion, competences, health education.

Resumen

Los ciudadanos, en su paso por la enseñanza obligatoria, aprenden conocimientos de matemáticas, lengua, ciencias, etc., que les permiten integrarse en la sociedad, pero… ¿adquieren las competencias en Promoción de la Salud necesarias para funcionar en una sociedad en continuo cambio, para controlar los factores que determinan la salud individual y colectiva, para intervenir en su entorno próximo afín de hacerlo más humano y amable, y en definitiva, para añadir vida a los años y años a la vida?

El presente trabajo ofrece un desarrollo de las competencias que se deben poseer para un «empoderamiento» de la salud y poder intervenir en una mejora de la calidad de vida teniendo en cuenta las tres dimensiones de saber, saber hacer y saber ser y estar.

Summary

Citizens, on their way through the educational system, learn skills in many subjects: mathematics, language, arts, science, etc. This learning process enables them to integrate into society, but… what about the competences in health promotion? They are necessaries in a changing society, to control the factors that determine individual and collective health, to intervene in its immediate environment akin to do more human and friendly, and ultimately, to add life to years and years to life.

This paper presents a development of competences that must possess to an «empowerment» of health and to intervene in an improved quality of life taking into account the three dimensions of knowledge, expertise and know how to be and be.

Introducción

La Ley Orgánica de Educación (LOE)[1] de 3 de mayo de 2006 incorpora las competencias básicas al currículo escolar como uno de los elementos que lo integran y les otorga el papel de referente curricular. El gobierno español asume, con esta decisión legislativa, las conclusiones de los Organismos internaciones

[1] Ley Orgánica de Educación. (2006). BOE n.º 106, de 4 de mayo.

(OCDE y Comisión Europea) y del Programa para la evaluación de los alumnos de la propia OCDE (PISA) sobre la enseñanza y aprendizaje de las competencias básicas como un medio para mejorar la calidad y la equidad del sistema educativo.

Ahora bien, los ciudadanos, en su paso por la enseñanza obligatoria, reciben y aprenden conocimientos de matemáticas, lengua, ciencias, etc., que les permiten integrarse en la sociedad, pero… ¿qué competencias en Promoción de la Salud son necesarias para funcionar en una sociedad en continuo cambio, para controlar los factores que determinan la salud, individual y colectiva, para intervenir en su entorno próximo afín de hacerlo más humano y amable, y en definitiva, para añadir vida a los años y años a la vida?

Entendemos la competencia como la capacidad de hacer frente a situaciones problemáticas con la actitud de desear hacerlo en un determinado contexto. Y entendemos las competencias en Promoción de la Salud como la capacidad y la determinación de resolver los problemas relacionados con la salud personal y colectiva. No nos referimos a problemas como diabetes, asma, cardiopatías, úlceras de estómago, etc., que requieren la intervención del personal médico, sino a los que requieren una intervención por parte de un agente educativo.

Con todo esto, nuestro objetivo es llegar a definir qué competencias básicas ha de desarrollar el alumnado de los centros docentes para *generar actitudes y hábitos favorables a la promoción de la salud personal y comunitaria, facilitando estrategias que permitan hacer frente a los riesgos de la sociedad actual en todos los aspectos relacionados con la salud.*

¿Por qué hablamos de competencias?

La idea de competencia, aunque hasta hace poco tiempo apenas era aceptada y se hablaba de ella como un «concepto borroso»[2], primero se fue consolidando en el ámbito laboral donde las empresas buscan personas competentes y cualificadas[3], con habilidades, destrezas, capacidades, aptitudes, etc., para realizar actuaciones prácticas y evaluar rendimientos. Pero cada vez está más arraiga en el ámbito escolar en el que, en los últimos años, ha adquirido especial protagonismo.

De las competencias podemos decir[4] que:

- Tienen como finalidad la realización de tareas eficaces o excelentes.
- Siempre hay un contexto donde se sitúan. Por sí sola, está vacía. Por este motivo, no es estática, pues se debe a un contexto en constante cambio y evolución.
- Es una organización estructurada que implica la puesta en práctica de un conjunto de elementos como conocimientos, habilidades, actitudes, comportamientos, entre otros.
- Está vinculada a la acción.
- Puede generalizarse a una amplia diversidad de situaciones.

Considerando la compleja sociedad actual no es extraño que, poco a poco, las competencias hayan ido ganando terreno en el ámbito educativo con el propósito de superar la tradicional formación en conocimientos disciplinares para adentrarse en una formación donde se sepa qué hacer en contextos problemáticos diversos. La competencia convierte en real la capacidad de movilizar recursos para hacer frente a situaciones o problemas existentes y emergentes, y por lo tanto, impredecibles e indefinidos.

En este entorno, el enfoque por competencias en educación cobra sentido en las propias condiciones del contexto y surge como una solución óptima ante los desafíos que depara la sociedad que demanda

---

[2] Le Deist, F.; Winterton, J. (2005). What is competence? *Human Resource Development International*, 8 (1), 27-46.

[3] Le Boterf, G. (2001). *Ingeniería de las competencias*. Barcelona. Gestión 2000.

[4] Zabala, A.; Arnau, L. (2007). *Cómo aprender y enseñar competencias: 11 ideas clave*. Barcelona. Graó.

«movilizar conocimientos para resolver problemas de forma autónoma, creativa y adaptada al contexto y a los problemas»[5].

Entendiendo el concepto de competencia de forma actualizada en el mundo educativo, se pueden establecer seis características fundamentales para entenderla tomando en consideración los trabajos de la OCDE plasmados en el documento DeSeCo y las aportaciones de Hipkins (2006) [6,7]:

- Son de carácter holístico e integrado: La necesidad de dar respuesta a situaciones complejas implica que las competencias integran demandas externas, atributos individuales y las peculiaridades de los contextos o escenarios cercanos y lejanos de actuación.
- Son de interpretación e intervención de cada sujeto y no residen sólo en cada individuo, sino en la riqueza cultural y profesional que hay en cada contexto.
- Ponen en juego valores y actitudes. Estrechamente relacionado con las intenciones, las emociones y los valores, es necesario resaltar la necesidad de que los individuos deseen aprender, encuentren el sentido y el gusto por la aventura del conocimiento, por descubrir nuevos horizontes y por proyectarse en la acción.
- Involucran un importante componente ético, lo que supone saber conocer y aplicar diferentes dilemas pues toda situación humana concreta supone afrontar, elegir y priorizar ente diferentes principios morales en conflicto. Encontrar el sentido de lo que uno hace implica opciones morales.
- Son de carácter reflexivo y transferible a nuevas situaciones. La capacidad de transferir competencias aprendidas a nuevos escenarios debe entenderse como un proceso de adaptación, que requiere comprensión, indagación y nueva aplicación de conocimientos y habilidades.
- Se perfeccionan y amplían, por lo que tienen carácter evolutivo.

En síntesis, los rasgos diferenciales de las competencias son: constituyen un saber hacer complejo y adaptativo, un saber que no se aplica de forma mecánica sino reflexiva, susceptibles de adecuarse a diversidad de contextos y tienen un carácter integrador, abarcando conocimientos, habilidades, emociones, valores y actitudes.

En definitiva, toda competencia incluye un «saber», un «saber hacer» y un «querer hacer» en contextos y situaciones concretos en función de propósitos deseados.

Se podría decir que la competencia es aquello que necesita una persona para dar respuesta a los problemas con los que se enfrentará a lo largo de su vida de un modo eficaz, movilizando componentes conceptuales (saber), procedimentales (hacer) y actitudinales (ser), donde se combina el saber con la acción, de modo que la respuesta a un problema sea eficaz y coherente con la situación dada.

Hablamos de competencia como un todo que implica «un conocimiento práctico, que implica conocimiento en la acción, conocimiento para la acción y conocimiento sobre la acción», coincidiendo con el concepto de profesional reflexivo[8] sobre el aprendizaje práctico, aspecto este ligado al de competencias.

Se piensa en competencias como instrumentos que permiten una formación de la persona para que aprenda a vivir y hacer frente a una situación compleja y cambiante, construyendo respuestas adecuadas que previamente no han sido memorizadas.

---

[5] Manzanares, A. (2004). Competencias del psicopedagogo: una visión integradora de los espacios de actuación en la familia profesional de educación. *Bordón*, 56 (2), 289-303.

[6] Pérez, A. (2007). La naturaleza de las competencias básicas y sus aplicaciones pedagógicas. *Cuadernos de Educación de Cantabria.* Oviedo. Consejeria de Educación de Cantabria.

[7] Hipkins, R. (2006). The nature on the key competencies. A backgrounnd paper. *New Zealand Council for Educational Research.* Wellington. New Zealand Education Ministry.

[8] Schön, D.A. (1992). *La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en los profesionales*. Madrid. Paidós.

Jacques Delors[9] elaboró el informe «La educación encierra un tesoro» en el que se trazan los rasgos de un sistema educativo capaz de hacer frente a los retos del porvenir. En este Informe se señala que «la finalidad principal de la educación es el pleno desarrollo del ser humano en su dimensión social y tiene la misión de permitir a todos, sin excepción, hacer fructificar sus talentos y todas sus capacidades de creación, lo que implica que cada uno pueda responsabilizarse por sí mismo y realizar su propio proyecto personal». En este sentido y en base a la formulación de una educación permanente para toda la vida se establecen cuatro pilares básicos:

- **Aprender a vivir juntos:** desarrollando la comprensión del otro y la percepción de las formas de interdependencia -realizar proyectos comunes y prepararse para tratar conflictos- respetando los valores de pluralismo, comprensión mutua y paz.
- **Aprender a ser** para que florezca mejor la propia personalidad y se esté en condiciones de obrar con creciente capacidad de autonomía, de juicio y de responsabilidad personal. Con tal fin, no menospreciar en la educación ninguna de las posibilidades de cada individuo: memoria, razonamiento, sentido estético, capacidades físicas, aptitud para comunicar.
- **Aprender a conocer:** combinando una cultura general suficientemente amplia con la posibilidad de profundizar los conocimientos en un pequeño número de materias, lo que supone además: aprender a aprender para poder aprovechar las posibilidades que ofrece la educación a lo largo de la vida.
- **Aprender a hacer** a fin de adquirir no solo una calificación profesional sino, más generalmente, una competencia que capacite al individuo para hacer frente a gran número de situaciones y a trabajar en equipo.

Así pues, hablamos de competencias por la importancia de poner el acento en los aprendizajes que se consideran imprescindibles, por la necesidad de aplicar los saberes adquiridos en los distintos ámbitos de la vida y enfrentarse a los problemas cotidianos, para lograr la realización personal, ejercer una ciudadanía activa e incorporarse a la vida adulta de manera satisfactoria. Las competencias deben facilitar el desarrollo de las capacidades de cada persona y la posibilidad de generar aprendizaje a lo largo de la vida. Las consideramos como el cimiento sobre el que se construye el edificio de los aprendizajes y el lugar de convergencia del currículo.

¿Por qué hablamos de Promoción de la Salud?

Las inversiones económicas en gastos sanitarios han crecido hasta límites insostenibles (estos días estamos viendo y viviendo los recortes que se establecen en Sanidad) y las enfermedades que en mayor medida nos afectan en la actualidad se cronifican, se palían pero continúan sin curarse, por ello hay que pensar que se debe conceder mayor importancia a las causas que protegen y mantienen la salud que a la restauración de esta. Es decir, más que realizar tratamientos sintomáticos, se trata de abordar las causas que originan la enfermedad. Para ello, es necesario que los individuos y la sociedad recuperen el control sobre su propia salud a través de la plena aceptación de sus obligaciones y responsabilidades para consigo mismo y hacia los demás.

A partir de estas consideraciones ha surgido el concepto de Promoción de Salud, que la Organización Mundial de la Salud en la Carta de Otawa[10] define como **«el proceso que permite a las personas incrementar el control sobre los determinantes de la salud y, en consecuencia, mejorarla»**. En la citada conferencia se señalan cinco áreas de acción para actuar sobre los determinantes de la salud:

---

[9] Delors, J. (1996). *La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI*. Madrid. Santillana.

[10] Organización Muncial de la Salud (1986). *Carta de Otawa para la Promoción de la Salud*. Ginebra. OMS.

- Desarrollar políticas que apoyen la salud: La promoción de la salud va más allá de la mera asistencia sanitaria y se pretende que se convierta en parte del programa de acción de los políticos, combinando distintos métodos que son complementarios, como legislación, medidas fiscales, impuestos, educación, etc. ¿Hablamos de competencias?
- Crear entornos favorecedores de la salud. La salud humana se construye sobre la forma en que tratamos a la naturaleza y a nuestro propio ambiente, por lo que, además de proteger el medio, se deben crear condiciones de vida y de trabajo que sean seguras, estimulantes y satisfactorias. ¿Hablamos de competencias?
- Desarrollar las aptitudes y los recursos individuales. Es un área fundamentalmente educativa en la que se deben utilizar todas las posibilidades para conseguir el desarrollo de las habilidades necesarias para lograr y mantener opciones de vida saludables. ¿Hablamos de competencias?
- Reforzar la acción comunitaria. La promoción de la salud solo funciona a través de acciones comunitarias efectivas, por lo que los profesionales de la salud deben trabajar con la comunidad, detectando sus necesidades, eligiendo estrategias, buscando prioridades, aplicando los diseños, evaluando las diferentes actuaciones, etc. ¿Hablamos de competencias?
- Reorientar los servicios de salud. La responsabilidad de la promoción de la salud debe ser compartida entre los profesionales de la salud, los individuos, los grupos comunitarios, las instituciones y los gobiernos. ¿Hablamos de competencias?

Unos años más tarde, la OMS en su Declaración de Yakarta[11] sobre la manera de guiar la Promoción de la Salud en el siglo XXI, confirma las estrategias señaladas en la carta de Otawa, pero las actualiza y profundiza en algunos aspectos, señalando cinco prioridades:

1. Promover la responsabilidad social para la salud
2. Incrementar las inversiones para el desarrollo de la salud
3. Expandir la colaboración para la promoción de la salud
4. Incrementar la capacidad de la comunidad y el empoderamiento de los individuos
5. Garantizar una infraestructura para la promoción de la salud

Remarca la OMS en su declaración, que los enfoques globales que utilizan una combinación de estas cinco estrategias son los más eficaces y, al mismo tiempo, asistimos a la invitación de actuación de los individuos sobre los factores que influyen sobre su salud. De hecho, el término «empoderamiento» lo entiende como el proceso por el cual las personas adquieren un mayor control sobre las decisiones y acciones que afectan su salud.

Como indica Minkler[12], las actividades encaminadas a la promoción de estilos de vida, basadas exclusivamente en estrategias orientadas en los cambios de comportamientos individuales, tienen el peligro de culpabilizar a las personas de su posible falta de salud, como si su posible enfermedad fuese el resultado absoluto de un fracaso personal, dejando de lado los riesgos del entorno e ignorando la conexión existente entre los comportamientos individuales y las normas y estímulos sociales.

De esta forma, la promoción de la salud no solo abarca las acciones dirigidas a fortalecer las habilidades básicas para la vida y las capacidades de los individuos, sino también las acciones para influir en las condiciones sociales y en los entornos físicos que determinan la salud de las personas, de forma que una

[11] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (1997). *Declaración de Yakarta sobre la Promoción de la Salud en el Siglo XXI*. Ginebra. OMS.

[12] MINKLER, M. (1989). Health education, health promotion and open society. A historical perspective. *Health Education Quarterly,* 16 (1), 17-30.

educación integral trata de desarrollar las competencias del individuo para poder intervenir en los factores que determinan el estado de salud personal y comunitario con la intención de mejorarlo.

Así pues, hablamos de Promoción de Salud porque la salud es lo más importante que tenemos, condiciona nuestra vida y debemos ser capaces de influir en ella para mejorarla. Como señala la Oficina Regional para Europa de la OMS[13]: «La salud es la capacidad de realizar el propio potencial personal y responder de forma positiva a los retos del ambiente». Se considera la salud como un recurso para la vida, no como el objeto de la misma y señala la necesidad e importancia del desarrollo de todas las capacidades individuales, en un proceso permanente y continuo, para mejorar nuestra calidad de vida, para promocionar la Salud.

Las Competencias en Promoción de la Salud

Con el fin de establecer cuáles son las competencias en Promoción de la Salud más relevantes en la educación obligatoria hemos planteado un método de trabajo que consta de diferentes fases: 1) revisión bibliográfica; 2) consenso interno sobre los elementos que conforman la Promoción de la Salud y, 3) un estudio Delphi preliminar realizado con expertos externos.

Fase 1. Revisión bibliográfica

Se han revisado las siguientes fuentes bibliográficas:

1. Estudios internacionales y nacionales como: *Encuesta Europea de Salud en España (2009)* [14]; la *Encuesta Nacional de Salud 2006* (MSC 2006)[15]; el *Informe Técnico sobre Problemas de Salud y Sociales de la Infancia en España*[16], *Los Problemas de Salud Infantil en los países desarrollados*[17] y *El estado de la Promoción y Educación para la Salud en diversas Comunidades Autónomas* (2008)[18].
2. Programas de varias Comunidades Autónomas:
   – Orientaciones y Programas. Educación para la Salud en la Escuela, de la Generalitat de Cataluña, y del Gobierno Vasco (1988). Plan de Salud de la Generalitat de Cataluña para el año 2010.
   – Programa Experimental de Educación para la Salud del Gobierno de Aragón. «*Educación para la Salud: propuestas para su integración en la Escuela*» (Diputación de Aragón, 1991), Red Aragonesa de Escuelas Promotoras de Salud (2010).
   – Plan de Educación para la Salud en la Escuela Región de Murcia (2005-2010).
3. Publicaciones de expertos[19, 20, 21].

---

[13] Organización Mundial de la Salud (1994). *Europa 1984. Health Promotion. A discussion document on the concepts and principles*. Copenhague. Oficina Regional para Europa de la OMS.

[14] http://www.msssi.gob.es/estadEstudios/estadisticas/EncuestaEuropea/home.htm (julio, 2012)

[15] http://www.msps.es/estadEstudios/estadisticas/encuestaNacional/encuesta2006.htm (julio, 2012)

[16] http://www.agapap.org/datos/problemas%20saludysociales%20informetecnico.pdf (julio, 2012)

[17] Álvarez Ruiz, J.C. *et al.* (2008). *Los problemas de salud infantil. Tendencias en los países desarrollados*. Esplugues de Llobregat. Hospital Sant Joan de Déu. www.infocoponline.es/pdf/290908faros.doc (julio, 2012)

[18] https://sede.educacion.gob.es/publiventa/detalle.action?cod512554 (julio, 2012)

[19] Colomer, C.; Álvarez-Dardet, C. (2001). *Promoción de la salud y cambio social*. Barcelona. Elsevier.

[20] Talavera, M.; Gavidia, V. (2007). Dificultades para el desarrollo de la educación para la salud en la escuela. Opiniones del profesorado. Didáctica de Las Ciencias Experimentales y Sociales, 21, 119-128.

[21] Davó, M.C. *et al.* (2009). ¿Quiénes y qué pueden hacer en salud pública? Las competencias profesionales como base para la elaboración de programas en el Espacio Europeo de Educación Superior. *Gaceta Sanitaria*, 23 (1), 5-12.

Fase 2. Consenso interno: confección de una tabla con los elementos que conforman la Promoción de la Salud y las competencias a desarrollar

A partir de la bibliografía existente, se obtuvo y se consensuó entre los miembros del Grupo COMSAL una tabla de los problemas relacionados con la Promoción de la Salud y las competencias que debe poseer el alumnado para poder desarrollarla, especificando los conocimientos, habilidades y actitudes relacionadas con ella.

La estrategia de validación y fiabilidad de la tabla fue la siguiente:

1. Dos investigadores de dos universidades diferentes pertenecientes al grupo COMSAL elaboraron separadamente un primer borrador completo del cuadro.
2. Se consensuó la primera versión del mismo.
3. Esta fue revisada por un quinto investigador del equipo, que también hizo sus aportaciones, para obtener una segunda versión.
4. A continuación, en reunión presencial, los miembros del grupo hicieron un análisis preliminar interjueces del cuadro que permitió pulirlo y obtener una tercera versión.

Fase 3. Consulta con personas expertas externas sobre los elementos de la Promoción de la Salud y de las competencias del alumnado mediante estudio Delphi

A partir de la tabla citada se ha elaborado un cuestionario para la recogida sistemática de datos sobre las competencias en Promoción de la Salud, que permita comparar la información remitida por las personas expertas externas del estudio Delphi definitivo. En estos momentos estamos recibiendo las opiniones de los expertos externos.

Presentación de las Competencias en Promoción de Salud

Las *Tablas 1 y 2* muestran las competencias elaboradas a partir de los datos obtenidos de la bibliografía y de las reuniones intragrupo. En la *Tabla 1* aparece la competencia general acerca de la Promoción de la Salud y sus tres dimensiones de saber, saber hacer y saber ser.

En la *Tabla 2* se expresan los tres elementos fundamentales que conforman la Promoción de la Salud, esto es, la cuestión más personal que concierne a la generación de conductas y estilos de vida, la cuestión más comunitaria en la que se procuran entornos saludables, y, por último, la cuestión de saber utilizar los recursos que la sociedad pone a disposición de las personas. Para cada uno de estos tres elementos se especifica su dimensión conceptual o conocimientos a adquirir, su dimensión procedimental o habilidades a desarrollar, y su dimensión actitudinal. Son las tres dimensiones necesarias para poder desarrollar la competencia en ese aspecto concreto.

Competencia: «CAPACITAR A LAS PERSONAS PARA CONTROLAR LOS FACTORES QUE INTERVIENEN EN SU SALUD»
Saber: Los principales problemas y factores de riesgos para la salud individual y colectiva.
Saber hacer: Intervenir en el entorno para que las opciones saludables sean las más fáciles de tomar.
Saber ser: Asumir responsabilidades individuales y colectivas, y participar en los planes de salud dirigidos a la población.

Tabla 1, Competencia en el ámbito de la Promoción de la Salud.

Factores de Promoción de la Salud	Conocimientos a adquirir	Procedimientos a utilizar	Actitudes a desarrollar
Generar conductas, hábitos y estilos de vida saludables	«**Alfabetización sanitaria**»: Principales problemas y riesgos para la salud individual y colectiva y la diversidad de posibles actuaciones. Información necesaria sobre las necesidades fisiológicas, culturales y ambientales de las personas. Evolución del binomio Salud-Enfermedad a lo largo de las diferentes etapas de la vida. Pautas de conducta saludables y las consecuencias de no llevarlas a cabo.	Desarrollar habilidades para la toma de decisiones y enfrentarse a situaciones difíciles. Adquirir las habilidades para obtener información sobre los problemas de salud. Observar críticamente la realidad que nos rodea. Mostrar resistencia personal frente a la presión social. Realizar trabajos en equipo. Capacidad de funcionar y de adaptarse a los cambios que en nuestro entorno se producen.	«**Abogacía por la salud**»: Incluir la salud como un factor determinante en la toma de decisiones. Decidir libremente sobre los factores determinantes de la salud que pueden influir en el bienestar personal. Reconocer la responsabilidad en la salud propia. Admitir las consecuencias que determinados actos pueden producir en la salud de los demás.
Procurar entornos saludables	Los factores determinantes de la salud de una población. Las necesidades de salud de la población y las condiciones socioambientales que mejoran la calidad de vida. Las vías de participación ciudadana en las tomas de decisión. Los grupos de población que pueden ser más vulnerables. Principales causas de mortalidad y morbilidad.	Saber actuar sobre el entorno para mejorar la calidad de vida. Intervenir adecuadamente en las redes sociales relacionadas con la promoción de salud. **Participar** en la elaboración, desarrollo y evaluación de las políticas de Promoción de la Salud (marcos de actuación).	Actitud crítica ante alarmas y miedos injustificados, tanto individuales como colectivos. Solidaridad y conciencia social, especialmente con los colectivos más vulnerables. Disposición a colaborar en los planes de salud dirigidos a la población. Asumir responsabilidades personales y colectivas.
Utilizar adecuadamente los servicios Sociosanitarios	El funcionamiento del Sistema Sanitario. Las ayudas sociales existentes.	Reconocer los problemas de salud y saber encontrar la ayuda necesaria. Utilizar de forma adecuada los medios sociosanitarios que se ofrecen.	Aceptar la necesidad de ayuda.

Tabla 2. Subcompetencias de la Promoción de la Salud y sus dimensiones.

Agradecimientos

Este estudio forma parte del proyecto subvencionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación con el número: EDU2010-20838 y llevado a cabo por el grupo COMSAL formado por: Valentín Gavidia, Cristina Sendra, Marta Talavera, Carles Furió, Ascensio Carratalá, Dolores Gil (Universidad de Valencia); María Carmen Davó (Universidad de Alicante); Manuela García de La Hera (Universidad de Elx); Lourdes Pérez de Eulate y Enrique Llorente (Universidad del País Vasco) y los colaboradores: José Cantó, Amparo Hurtado, Carlos Caurín, Anna Arnal, Irene Gavidia, Julia Sanz y Bárbara Gomar.

Apoyo y refuerzo educativo. De una experiencia pionera en la Enseñanza Primaria a sus posibilidades en la Secundaria

Juan Manuel Gigorro Fernández, Esteban Maciques Sánchez

Concejalía de Educación. Ayuntamiento de Alcalá de Henares
C/ Pedro Gumiel, 1, CP. 28801, Alcalá de Henares
educacion@ayto-alcaladehenares.es

Palabras clave: Apoyo, individualizado, Primaria, vehiculares, libros-cuaderno.

Keywords: Support, individualized, primary, core subject, books.

Resumen

En el año 2008 comenzó el Programa de Apoyo Educativo y Refuerzo Escolar. Esta fue una experiencia pionera, promovida por la Concejalía de Educación del Ayuntamiento de Alcalá de Henares. Es un Programa que, desde entonces hasta la fecha, atiende a niños con dificultades de aprendizaje, que no están comprendidos como con «necesidades educativas especiales».

Se ha constatado que, a pesar de los esfuerzos de la escuela para favorecer el correcto aprendizaje de los alumnos que presentan cierto desnivel curricular, no es posible que estos reciban una atención personalizada dentro del aula, tal y como ofrece este Programa que, entre otras cosas, atiende a grupos reducidos.

La experiencia obtenida con este Programa trabajando con asignaturas vehiculares (Lengua Española y Matemáticas) está dirigida a alcanzar objetivos mínimos curriculares, en el nivel de Enseñanza Primaria. No obstante, teniendo en cuenta los procedimientos que se utilizan y que se recogen en esta ponencia, la actividad propuesta puede ser extendida a otros niveles de enseñanza y ampliada a las asignaturas que los centros educativos entiendan pertinentes.

Abstract

In 2008 began the Educational Support Program and tutoring. This was a pioneering experiment, sponsored by the Educational Council of the Town Hall of Alcalá de Henares. It is a program that, from then until now, serves children with learning difficulties, which are not covered as «special needs».

It was found that, despite the school's efforts to promote the correct learning of students with a certain gap curriculum, it is possible that they receive personal attention in the classroom, as this program provides, among other things, serves small groups.

Experience with this program working with vehicular subjects (Spanish language and mathematics) are intended to achieve minimum objectives curriculum in primary education level. However, taking into account the procedures used and listed in this paper, the proposed activity can be extended to other subjects and levels of education that schools understand relevant.

HISTORIA DEL PROGRAMA DE APOYO ESCOLAR Y REFUERZO EDUCATIVO

El Programa de Apoyo Escolar y Refuerzo Educativo nace en el año 2008 como respuesta al alto índice de fracaso escolar existente en la enseñanza primaria en Alcalá de Henares. Se trataba de apoyar desde el ámbito municipal a la comunidad educativa y familiar abordando los problemas desde una atención más personalizada. Don Bartolomé González, alcalde de Alcalá de Henares, tras haber escuchado a los responsables educativos de la ciudad, consideró que la Concejalía de Educación debería dar respuesta a esta necesidad.

El programa comenzó en la zona con más necesidades socioeducativas. Es decir, con más tasa de paro, inmigración, marginalidad y, por supuesto, absentismo y fracaso escolar. Se ha trabajado con casi 500 alumnos hasta la fecha. Teniendo en cuenta estas características, el programa se concibió desde sus inicios de manera gratuita para todos sus participantes, no solo en la matrícula o cuotas mensuales, si no también en los materiales que se les proporcionan.

Los alumnos que participan en el programa son seleccionados por los tutores, a partir de los siguientes requisitos:

- Niños con dificultades de aprendizaje, sin ser de Necesidades Educativas Especiales.
- No pueden ser absentistas ni presentar problemas de comportamiento.

Para conseguir los objetivos que el programa se propone, los grupos son de número reducido, lo que permite dar una atención personalizada al alumno y a la actividad.

A QUIÉN SE DIRIGE

Alumnos de 2.º, 4.º y 6.º de Primaria con dificultades de aprendizaje en Matemáticas y Lengua Castellana y Literatura. Se inicia este programa en los siguientes centros educativos:

- CEIP Reyes Católicos
- CEIP Infanta Catalina
- CEIP Francisco de Quevedo
- CEIP Emperador Fernando
- CEIP Antonio Machado
- CEIP Santos Niños
- CEIP Juncal
- CEIP Beatriz Galindo
- CEIP Luis Vives
- CEIP Zulema (solo alumnos de 6.º)
- CEIP Henares (solo alumnos de 6.º)
- CEIP Iplacea (solo alumnos de 6.º)

Contenidos

Tres horas semanales de apoyo en las asignaturas vehiculares:

- Una hora y media de Matemáticas.
- Una hora y media de Lengua Española y Literatura.

Objetivos

- Ayudar a la nivelación de estudiantes con dificultades de aprendizaje.
- Contribuir al aprendizaje de técnicas de estudio.
- Consolidar conocimientos a partir de la resolución de tareas.
- Implicar a las familias en el proceso educativo de sus hijos orientándoles y dándoles pautas de actuación y estrategias concretas.

Programa de actuación

- Dar a conocer a los directores de los centros el Programa de Apoyo y Refuerzo Escolar.
- Conocer, a través de los tutores y coordinadores de ciclo, a los alumnos con dificultades de aprendizaje y beneficiarios del programa.
- Contactar a través de los tutores con las familias de los niños a efectos de apoyo y seguimiento del programa.

Modos de actuación

El ingreso de los estudiantes en el programa, así como los libros-cuadernos, es totalmente gratuito. Son los tutores de los alumnos quienes deciden quiénes son los que participan en las clases de apoyo. Estas están concebidas como un medio para trabajar los objetivos mínimos, las técnicas de estudio y, de igual manera, la resolución de las posibles dudas que puedan tener los alumnos.

Las clases se organizan en grupos reducidos. Intentamos que la ratio sea de 12 alumnos por grupo, pero no se entiende como *numerus clausus* (hasta un máximo de 14 estudiantes).

- ALUMNOS:

  En contacto directo con los maestros se seguirá el programa educativo en Matemáticas y Lengua Castellana y Literatura, y las tareas concretas que deberán realizar estos niños. Los Técnicos de Apoyo actuarán sobre este proceso (con el material didáctico de clase) aportando técnicas de estudio (hábitos de estudio, organización, esquemas, lectura comprensiva, etc.) y apoyando la resolución de los deberes, de manera que los alumnos aprovechen esta acción como tiempo de estudio. Siempre en coordinación con los tutores y coordinadores de ciclo.

- CENTROS EDUCATIVOS:

  1. Reuniones periódicas con los tutores y coordinadores de ciclo para evaluar y seguir el proceso de enseñanza aprendizaje, y las necesidades individuales de cada alumno.
  2. Establecer el momento de entrada y salida de nuevos alumnos en el programa de apoyo.

- FAMILIAS:
  1. Reunión inicial con las familias de los niños que presentan esta necesidad de apoyo y refuerzo para darles a conocer el programa.
  2. Asesoría individual sobre el rendimiento educativo de sus hijos y posibilidades de afrontar dificultades.

RESULTADOS DEL PROGRAMA

Desde el comienzo del programa en octubre de 2008, más de 500 alumnos se han beneficiado del mismo. También se ha observado una muy buena receptividad por parte de los centros y de los padres de los alumnos. Estos han valorado como muy positiva esta gestión municipal. Como resultado de este interés se ha podido observar la permanencia de alumnos con dificultades durante los ciclos posteriores; es decir, alumnos que en su día vinieron en el primer ciclo, actualmente están inscritos en el segundo o tercer ciclo, según corresponda.

En el curso 2008-2009, curso de apertura del programa, se refleja el interés de los centros en el alto índice de matrícula inicial. De igual manera, la matrícula final nos indica las dificultades lógicas en el rodamiento de un programa pionero. Estas se han ido corrigiendo en años posteriores y actualmente el alto número de alumnos que permanecen así lo confirma. (Ver *Tabla 1*).

A pesar de que no son objetivos principales de este programa los índices de promoción, ha sido una sorpresa gratificante observar que 4 de cada 5 alumnos que pasan por el mismo promocionan al siguiente ciclo educativo.

TABLA COMPARATIVA DE PERMANENCIA Y PROMOCIÓN
DEL PROGRAMA DE APOYO-REFUERZO

Curso	Matrícula inical	Matrícula final	% Permanencia	% Promoción
2008-2009	151	102	67,50%	85,00%
2009-2010	129	106	83,37%	83,00%
2010-2011	132	112	84,84%	81,00%
2011-2012	130	137	105,00%	-

Tabla 1.

EXTENSIÓN DEL PROGRAMA

La Universidad de Alcalá, a través de la Licenciatura en Psicopedagogía, y también del Máster en Psicopedagogía, ha valorado como muy positivo y original la actuación de este programa, y participan en el mismo con alumnos de prácticas.

En el año 2010, la Concejalía de Educación recibió la visita de representantes de la Universidad Nacional de Cuyo, de Argentina, y de la Faculdade Internacional Signorelli, de Brasil. Ambas instituciones se interesaron en el desarrollo del Programa de Apoyo, y entendieron la posibilidad de su aplicación en sus medios docentes. De esta reunión salió el compromiso para un futuro convenio, que consistiría en la visita de profesores y estudiantes en prácticas, para conocer el Programa de primera mano.

Un año después, se llevó a cabo la firma del convenio de colaboración y la primera participación de alumnos de prácticas brasileños en el programa. Esta experiencia se ha entendido como muy positiva por parte de ambas instituciones.

Aplicación a otros niveles

De igual manera que en Educación Primaria, este Programa puede tener cabida en la Educación Secundaria. A estos efectos, se intentará que las asignaturas a reforzar sean las vehiculares o las de mayor importancia educativa. Habría que partir siempre de dos premisas:

- Los objetivos mínimos de la materia.
- Las dificultades individuales de cada alumno.

Como un mero ejemplo, y desde luego solo teniendo en cuenta la primera de las premisas, expondremos una selección de contenidos mínimos de las asignaturas de Lengua Española y Literatura, y Matemáticas, de 3.º de Educación Secundaria Obligatoria, de la Comunidad de Madrid. Para otras asignaturas, por ejemplo Física y Química, habría que escoger los objetivos mínimos de la misma, decidir qué contenidos mínimos son los que queremos reforzar, y junto con la colaboración de los tutores establecer qué alumnos necesitan ese refuerzo, y atender sus necesidades individuales.

Matemáticas:

- Números: números reales, potencias y raíces, y sucesiones.
- Álgebra: expresiones algebraicas, ecuaciones y sistemas.
- Medida: magnitudes, áreas y volúmenes.
- Geometría: el plano y el espacio.
- Funciones y estadística.
- Comprensión y resolución de problemas.

Lengua Española y Literatura:

- Comunicación: medios, estructuras y habilidades.
- Lengua y sociedad: origen, evolución, bilingüismo.
- Conocimiento: fonética y ortografía, norma culta, gramática y léxico.
- Educación literaria.
- Técnicas de trabajo.

Conclusiones

Tras cuatro años de desarrollo del Programa de Apoyo, hemos constatado que este está respondiendo a una necesidad objetiva: la utilidad de la atención a un colectivo que se encuentra en una franja intermedia, no es de necesidades educativas especiales ni de sobredotación, por lo que no recibía ayudas.

Actualmente, el Programa se encuentra en fase de ampliación, después de haberse iniciado en una zona de Alcalá de Henares. A este fin, se cuenta con la colaboración de los centros educativos participantes y de las familias de los alumnos.

Ha sido muy gratificante comprobar el interés de otras instituciones, como la Universidad de Alcalá, la Faculdade Internacional Signorelli y la Universidad Nacional de Cuyo, en participar y aprovechar esta experiencia de origen municipal.

Pero lo más gratificante de todo, por lo menos a nivel de los que participamos en el Programa, de una manera o de otra, ha sido saber que de los más de 500 alumnos que han pasado por el mismo durante estos años, más del 80% han conseguido pasar de curso, por lo que consiguen el objetivo de nivelar su déficit educativo.

BIBLIOGRAFÍA

BLECUA, J. M. *et al.* (2007). *Lengua Castellana y Literatura 3*, Madrid, Ediciones SM.

BLECUA, J. M. *et al.* (2008). *Lengua Castellana y Literatura 4*, Madrid, Ediciones SM.

CAÑAS, A. *et al.* (2009). *Física y Química 4*, Madrid, Ediciones SM.

Decreto 23/2007, de 10 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria (B.O.C.M. n.º 126 de 29 de mayo).

DÍEZ, J.J. (1980). *La Comunidad Educativa,* Madrid, Narcea.

Ley Orgánica 2/2006, de 3 de Mayo, de Educación.

MACIQUES, E. y GIGORRO, J.M. (2011). *Lee y Cuenta, Apoyo y Refuerzo en Lengua Española y Matemáticas, Primer Ciclo de Enseñanza Primaria 2.ª edición*, Alcalá de Henares, ed. Ayuntamiento de Alcalá de Henares.

MACIQUES, E. y GIGORRO, J.M. (2011). *Lee y Cuenta, Apoyo y Refuerzo en Lengua Española y Matemáticas, Segundo Ciclo de Enseñanza Primaria 2.ª edición*, Alcalá de Henares, ed. Ayuntamiento de Alcalá de Henares.

MACIQUES, E. y GIGORRO, J.M. (2011). *Lee y Cuenta, Apoyo y Refuerzo en Lengua Española y Matemáticas, Tercer Ciclo de Enseñanza Primaria 2.ª edición*, Alcalá de Henares, ed. Ayuntamiento de Alcalá de Henares.

PUENTE, J. *et al.* (2008). *Física y Química 3*, Madrid, Ediciones SM.

VILA, I. (1998). *Familia, Escuela y Comunidad*. Barcelona, ICE-Horsori.

VIZMANOS, J. R. *et al.* (2008). *Matemáticas 3*, Madrid, Ediciones SM.

VIZMANOS, J. R. *et al.* (2008). *Matemáticas 4*, Madrid, Ediciones SM.

Analogías frecuentes acerca del circuito eléctrico: reflexión de profesores noveles

Juan José Marrero Galván, José Fernández González

Grupo Blas Cabrera Felipe – GITEP. Departamento de Didácticas Específicas
Facultad de Educación. Universidad de La Laguna
C/ Heraclio Sánchez 34. 38204. La Laguna. Santa Cruz de Tenerife Canarias España.
jmargalp@gmail.com, jofdez@ull.es

Palabras clave: Analogías, pensamiento profesor, ciencias experimentales, formación y perfeccionamiento del profesorado.

Keywords: Analogies, teacher thinking, experimental sciences, teacher formation and training.

Resumen

En esta investigación presentamos un análisis teórico empírico del trabajo de los docentes sobre la electricidad y el circuito eléctrico ayudándose de analogías, se estudia el uso y las limitaciones del apoyo en el recurso didáctico de las analogías en relación con el aprendizaje, además de analizar la percepción de los docentes de las analogías típicas utilizadas en la enseñanza de este tópico.

Abstract

In this study we present a theoretical and empirical analysis of teachers' work on electricity and electrical circuit, using analogies, we study the use and limitations of teaching resource support in the analogies in relation to learning, and to analyze teachers' perception of the typical analogies used in teaching this topic.

1. Fundamentación

Los estudios que han examinado las analogías en relación a la enseñanza de la Ciencia han incidido en que acrecientan en los estudiantes la habilidad para resolver problemas (Friedel[1] y col., 1990), en la comprensión de textos (Vosniadou y Shommer[2], 1988), en el entendimiento conceptual de contenidos cien-

[1] Friedel, A., Gabel, D. y Samuel, J. (1990). Using analogies for chemistry problem solving. *School Science and Mathematics*, n.º 90, pp. 674-682.

[2] Vosniadou, S.Y Schommer, M. (1988). Explanatory Analogies Can Help Children Acquire Information From Expository Text. *Journal of Educational Psychology*, Vol. 80, n.º 4, pp. 524-536.

tíficos (Gentner y Gentner[3], 1983; Johsua y Dupin[4], 1987; Dupin y Johsua[5], 1990), y en la construcción de explicaciones científicas (Wong[6], 1993).

Las analogías actúan de tal forma que es como si no fueran tenidas en cuenta después de que se ha hecho uso de ellas, según Dagher[7] (1994). Aunque proveen un puente entre lo conocido y lo menos conocido, algunos investigadores les preocupa que este puente tenga una cualidad evasiva que pueda inducir a quienes lo atraviesan hacia caminos laterales que interfieran en la llegada al destino esperado. (Curtis y Reigeluth[8], 1984; Duit[9], 1991; Glynn[10], 1991; Marbá[11] y col. 2004).

Las analogías, en un sentido general, han sido abordadas por numerosos investigadores al estudiar las ideas preconcebidas de los estudiantes de Secundaria en la física (Clement[12], 1993), y al analizar en las prácticas de profesores el uso de sus propias analogías en la generación de explicaciones de fenómenos de física (Heywood[13], 1997).

La eficacia de las analogías, en la promoción de la comprensión conceptual, en relación con electricidad, ha sido investigada con niños de diferentes edades (Shipstone[14] 1984; Cosgrove[15], 1995). También se han puesto de manifiesto verdaderas dificultades para distinguir entre los modelos analógicos y los circuitos eléctricos, mezclando propiedades de ambos sistemas que no tienen nada que ver entre sí.

Una interpretación sencilla de la estructura para las analogías la considera formada por el *tópico*, la *trama (o relación analógica)* y el *análogo*:

Así, una analogía sería un conjunto de relaciones que se establecen para comparar características similares de determinadas partes de las estructuras de dos representaciones: el análogo y el tópico. El razonamiento analógico se concibe como la transferencia del conocimiento de una zona ya conocida (idea del análogo) a una zona nueva (idea del tópico).

---

[3] GENTNER, D. & GENTNER, D. R. (1983). Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity. En D. GENTNER & A.L. STEVENS (Eds.) Mental models (pp. 99-129). Hillsdale., NJ: Eribaum.

[4] JOHSUA, S. y DUPIN, J. (1987). Taking into account student conceptions in instructional strategy: An example in physics. *Cognition and Instruction*, n.º 4, pp. 117-135.

[5] DUPIN, J. J. y JOSHSUA, S. (1990). Una analogía térmica para la enseñanza de la corriente continua en electricidad: descripción y evaluación. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 8, n.º 2, 119-126.

[6] WONG, D. (1993). Self-Generated Analogies as a Tool for Constructing and Evaluating Explanations of Scientific Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 30, n.º 4, pp. 367-380.

[7] DAGHER, Z. (1994). Does the Use of Analogies Contribute to Conceptual Change? *Science Education*, Vol. 78, n.º 6, pp. 601-614.

[8] CURTIS, R.; REIGELUTH, C. (1984). The use of analogies in written text. *Instructional Science*, Vol. 13, n.º 2, pp. 99-117. Reimpresión por Springer Netherlands. DOI: 10.1007/BF00052380. http://www.springerlink.com/home/main.mpx

[9] DUIT, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science education*. Vol 75, n.º 6, 649-672.

[10] GLYNN, S. (1991). Explaining Science Concepts: *A Teaching with Analogies Model*. The Psychology of Learning Science. En GLYNN, S; YEANY, R.; BRITTON (Eds.), Cap. 10, pp. 219-240.

[11] MARBÁ, A.; SOLSONA, N. y IZQUIERDO, M. (2004). *Análisis de textos para la competencia lectora de los estudiantes de ciencias*. Actas XXI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales. 239-244. San Sebastián.

[12] CLEMENT, J. (1993). Using Bridging Analogies and Anchoring Intuitions to Deal with Students' Preconceptions in Physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1241-1257.

[13] HEYWOOD, D. y PARKER, J. (1997). Confronting the analogy: primary teachers exploring the usefulness of analogies in the teaching and learning electricity. *International Journal of Science Education*, 19(8), 869-885.

[14] SHIPSTONE, D. M. (1984). A study of children's understanding of electricity in simple D.C. circuits. *European Journal of Science Education*, vol. 6, 185-198.

[15] COSGROVE, M. (1995). A study of science-in-the-making as students generate an analogy for electricity. *International Journal of Science Education,* Vol. 17, n.º 3, pp. 295-310.

En el caso de las analogías para el circuito eléctrico, encontrar una trama de relaciones correcta (en sintonía con el pensamiento del emisor) es el requerimiento para entender correctamente el mensaje que se intenta transmitir con la analogía.

Se han de encontrar algunos observables que nos indiquen si la analogía fue suministrada adecuadamente por el profesor, y si se diseñó adecuadamente el análogo, e indagar sobre las ideas previas que el alumno tiene sobre el dominio del análogo, ya que cualquiera de estas deficiencia puede ser contraproducente para comprensión adecuada de la analogía (Fernández[16] y col. 2001).

2. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Se presentaron unas breves ideas acerca de los recursos analógicos que con cierta frecuencia se encuentra el profesorado en la mayoría de los libros de textos utilizados en Primaria/Secundaria y en las acciones de aula.

Posteriormente, se introdujo a los docentes el tópico de la electricidad y el circuito eléctrico, ayudándonos de analogías, con un análisis teórico y empírico.

El análisis se llevó a cabo de tal forma que mientras los profesores exploraban en pequeños grupos circuitos eléctricos sencillos, se introdujeron una serie de analogías típicas y, en momentos estratégicos, se les pidió escribir reflexiones individuales sobre la utilidad que habían encontrado en estas analogías para formar parte de su propio pensamiento y aprendizaje. Se mantuvo un registro de cada grupo acerca de las cuestiones emergentes en todo el período de sesiones. Se dispone de una grabación de la recopilación de las reflexiones individuales, de las ideas y preguntas del grupo. Los profesores fueron entrevistados con el fin de proporcionar observaciones detalladas sobre cómo las analogías habían influido en sus estrategias a emplear en el aprendizaje del alumnado.

La investigación llevada a cabo estudia el uso y las limitaciones del apoyo en el recurso didáctico de las analogías en relación con el aprendizaje, además de analizar la percepción de los docentes de las analogías típicas utilizadas en la enseñanza de la electricidad con profesores de Primaria y educación Secundaria Obligatoria, analizando utilidad y limitaciones a través de investigaciones de las prácticas y un examen crítico por profesores en ejercicio.

Las analogías presentadas al profesorado son diversas:

1) Símil hidráulico / corriente eléctrica
2) Circuito calefacción / circuito eléctrico
3) Botellón de agua y tubos plásticos / circuito eléctrico
4) Sistema circulatorio humano / circuito eléctrico
5) Grupo de individuos moviéndose / corriente eléctrica

La mayoría sustentan un modelo hidráulico (caso uno, caso tres y cuatro) según Yvette, y Gentner[17], (1985) y en el modelo del circuito de calefacción aunque se utiliza el agua, esta no es la idea que subyace sino la de la energía que se transfiere. Distinto es el caso del grupo de gente moviéndose.

---

[16] FERNÁNDEZ, J; PORTELA, L.; GONZÁLEZ, B. y ELORTEGUI, N. (2001). *Las analogías en el aprendizaje de la Física en Secundaria.* I Congreso Nacional de las Didácticas Especiales. Vol. II Actas del Congreso, 1901-1914. Granada. ISBN: 84-8491-006-7.

[17] YVETTE, J.T.Y GENTNER, D. (1985). What makes water analogies accseble: experiments on the water-flow analogy for electricity. *Aspects os Understanding Electricity,* 311-318.

1. SÍMIL HIDRÁULICO / CORRIENTE ELÉCTRICA

Esta analogía, presentada de esta forma o bien como «circuito hidráulico / circuito eléctrico», es frecuentemente empleada en la enseñanza de la electricidad, tanto en las aulas como en los textos. Conlleva tener nociones de un sistema hidráulico de agua, cerrado, en el cual, una bomba hace circular el agua y en el que se pueden introducir dispositivos variados, que a su vez tendrán un impacto sobre la presión en todo el sistema.

La pila almacena energía como un depósito de corriente eléctrica, similar a un estanque de agua.

El movimiento de agua desde un recipiente a otro de menor altura es una situación análoga a conseguir un movimiento sostenido de carga en un conductor.

El agua se moverá por el interior de una tubería que conecta los depósitos solamente cuando exista una diferencia en el nivel de agua. El movimiento de agua en la tubería cesará cuando la presión en cada extremo se iguale, algo parecido a la movilidad de electrones en un conductor, que cesa cuando no hay diferencia de potencial.

Para que el movimiento de agua se mantenga debe existir una bomba adecuada que sea capaz de mantener la diferencia entre los niveles de agua. Entonces existirá una continuidad en la presión del agua y un movimiento continuo de agua. Lo mismo ocurre en un circuito eléctrico.

2. ANALOGÍA CIRCUITO CALEFACCIÓN / CIRCUITO ELÉCTRICO

Esta analogía también consiste en usar un circuito hidráulico como recurso para explicar el circuito eléctrico, pero con el añadido de que ahora el agua transporta algo no tangible, etéreo, como es la energía. Ahora lo que se compara es la energía térmica que lleva el agua con la corriente en el circuito eléctrico.

La bomba es la que provoca el movimiento del agua, pero no aporta agua, es similar al papel de la pila en el circuito: mueve las cargas pero no las aporta.

Una rotura en la tubería de agua provoca que toda el agua se derrame al igual que al cortar el cable conductor deja de circular la electricidad.

La energía que se le da al agua en la caldera de calefacción es parecida a la energía que toma la corriente eléctrica de la batería.

El transporte de energía en el circuito hidráulico es parecido al circuito eléctrico.

3. BOTELLÓN AGUA Y TUBOS PLÁSTICOS / CIRCUITO ELÉCTRICO

El análogo que se seleccionó es bastante familiar para los alumnos, ya que es un recipiente doméstico de un botellón de agua mineral y unas mangueras de plástico, ambos transparentes. Se explicó el funcionamiento y se hicieron demostraciones.

En esencia, el botellón, relleno de agua, es flexible y al presionarlo con la mano impulsa el agua, esta asciende por la tubería central y sale por el pitorro del embudo hasta su regreso al recipiente. La manguera sirve para transportar de manera visible el agua. Los elementos visibles del botellón y el tubo deberían verse como similares a un circuito eléctrico.

El botellón al presionarlo con la mano impulsa el agua y actúa como una bomba de agua (de forma análoga a la batería).

La manguera sirve para transportar de manera visible el agua, de forma análoga a los cables con la electricidad invisible.

El recipiente cilíndrico es similar a una pila y el tubo flexible de plástico (circuito cerrado) es similar al alambre conductor.

El esfuerzo intenso de bombeo incrementa la corriente de agua de manera similar a como las pilas más potentes incrementan la corriente eléctrica.

El truncamiento de la corriente de agua, debido a la conexión de ambos extremos del tubo de plástico al pitorro, es similar a lo que ocurre si se conectan ambos extremos del conductor a un mismo borne de la pila.

4. Sistema circulatorio humano / circuito eléctrico

El sistema circulatorio humano se utiliza como una simple analogía de un sistema cerrado en el que el corazón actúa como una bomba para impulsar sangre alrededor del cuerpo y la cantidad de sangre que sale del corazón es, en última instancia, la misma cantidad de sangre que entra en el corazón. Sin embargo, la naturaleza de la sangre con respecto al nivel de oxígeno ha cambiado.

Conservación constante del volumen de sangre // Constante el flujo en la corriente eléctrica.

El corazón actúa como una bomba // Funcionamiento de una batería.

El nivel de oxigenación de la sangre en el pulmón ha mejorado su calidad // Ha cambiado la naturaleza de la electricidad, al pasar por los elementos del circuito.

5. Grupo de individuos moviéndose / Corriente eléctrica

Esta analogía se introduce a través de una dinámica de roles en el que los individuos representan el movimiento de los electrones en un circuito.

Las personas caminan a velocidad constante alrededor de un círculo amplio y, al hacerlo, pasan a través de un equivalente a la *batería,* que está representada por un miembro, que actúa como un punto de dinamización, obligando en este punto a las personas a agitar los brazos fuertemente mientras caminan.

En el círculo en que se desplazan los individuos están obligados a pasar por un estrecho túnel donde sus movimientos de brazos están limitados, resultando que con frecuencia los brazos golpean las paredes del túnel por lo que ocasiona calor (equivale a la bombilla que se enciende). Las personas que regresan a la batería son re-energizados de nuevo, antes de reiniciar un nuevo circuito.

La noción de «electrones/electricidad» no se presenta en profundidad, en un sentido científico, sino que más bien se adopta la terminología, de tal forma que solo se pretende describir el flujo en un circuito eléctrico.

Esta analogía ha producido un gran debate, y fue posible identificar varias ideas:

Las personas caminan como la corriente eléctrica.

Los individuos regresan, parecido a la conservación de la corriente.

La velocidad de caminar es como la cantidad de corriente.

La restricción de movimiento del brazo en el túnel se parece a la transferencia de energía (debido a la resistencia).

El túnel se calienta igual que la transferencia de energía resultante en la bombilla incandescente.

El tamaño del túnel equivale a la resistencia en el circuito.

La causa del movimiento del brazo es función de la batería.

La intensidad del movimiento del brazo es como el tamaño de la batería.

3. RESULTADOS

El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de la Facultad de Educación (Universidad de La Laguna), en el que participaron 24 profesores de Primaria y Secundaria. Se reunieron durante siete sesiones de cuatro horas de duración cada una.

1. ANALOGÍA CIRCUITO HIDRÁULICO / CIRCUITO ELÉCTRICO

En la explicación de la analogía, la mitad del grupo encuentra que se trata de una herramienta útil y satisfactoria, mientras que otros todavía discutían por llegar a un acuerdo con el modelo, ya que la persistencia de la visión secuencial se sigue mostrando inviable. Se percibe que describe lo que sucede en el circuito completo, de forma global, pero no lo explica en sus partes.

Esta analogía es la única que reconocen casi todos los profesores (95%) por aparecer en los textos o tenerla asumida en sus conocimientos.

El 85% consideran que la corriente eléctrica que se desplaza por los hilos conductores se asemeja al flujo de agua por una tubería.

El 60% consideran que la velocidad con que el agua se mueve en una tubería depende de la resistencia ofrecida por la propia tubería, aunque no pueden concretar si es similar a la corriente que atraviesa un circuito y que también depende de la resistencia que el conductor.

El 28% llega a comparar las bombillas con pequeños recipientes a llenar de agua y que las mismas tienen una pérdida constante de corriente eléctrica en forma de luz y de calor, igual que si se gastara agua de los recipientes.

2. ANALOGÍA CIRCUITO CALEFACCIÓN / CIRCUITO ELÉCTRICO

En esta analogía aparecen menos cuestionamientos que en la anterior, aunque la familiaridad con el circuito de calefacción es muy diferente según la experiencia de los profesores.

El 90% reconocen la relación entre la bomba con la impulsión de agua y la pila en el circuito eléctrico impulsando los electrones; aunque pocos (10%) llegan a pensar que en ambos casos se trata de aporte de energía.

El 60% compara la rotura de la tubería con el cable conductor que se parte, pero en todos queda confusa la idea de si fluye la electricidad al exterior igual que el agua.

Con la función de la energía, en la caldera de calefacción y en la batería del circuito, no parecen existir dudas del papel de la energía y su conservación en ambos casos.

Hay ocasiones (20%) en que se manifiesta que ambos circuitos llevan calor e incluso hay casos en que se usan indistintamente los conceptos de calor y temperatura para referirse a lo que llevan los circuitos.

3. BOTELLÓN AGUA Y TUBOS PLÁSTICOS / CIRCUITO ELÉCTRICO

Esta analogía resultó muy cómoda para que se implicaran en su funcionamiento y establecer con celeridad comparaciones con el circuito eléctrico.

La intensidad en el bombeo sirvió para comparar la potencia de la batería, e inferir razonamientos acerca de la intensidad y el voltaje de la corriente (30%).

La visualización del agua coloreada moviéndose en la manguera fue un claro ejemplo del desplazamiento de los electrones, pero indujo directamente a pensar que los electrones se desplazan como porciones de agua muy pequeñas (85%).

A todos les resultó fácil analizar cómo funciona el botellón de agua para impulsarla, pero ninguno logró establecer una discusión acerca de lo que sucede en el interior de la pila. Todo lo contrario, obligó a plantearse muchas preguntas.

4. Sistema circulatorio humano / circuito eléctrico

Todos los profesores del grupo encuentran la analogía útil en su aprendizaje. La principal justificación está en relación con el concepto de conservación de la corriente y cómo ha cambiado la electricidad a su paso por la bombilla. Una dificultad puesta de manifiesto fue que era posible visualizar el oxígeno, pero muy difícil de observar la energía.

El 70% encuentran que esta analogía es la más apropiada para explicar el papel de la batería de una forma funcional y operativa, muy acorde con la perspectiva de los alumnos.

Lleva a pensar que la sangre lleva algo a todo el cuerpo; con el uso del oxígeno, evitando una pérdida de este, reflexión que no se da en el circuito eléctrico.

5. Grupo de individuos moviéndose / Corriente eléctrica

El grupo de profesores encuentran esta analogía útil. Ahora bien, el 60% consideran que la analogía ayuda a desarrollar ideas acerca de la conservación de la corriente, e identifican que la analogía explica la idea de transferencia de energía en la bombilla. El 40% de profesores logran explicar más claramente el papel de la batería. En un examen crítico de esta analogía se refleja que algunos reconocen que no pueden explicar si los electrones pierden toda o parte de su energía en el bulbo; ni tampoco la diferencia entre la transferencia de energía en el bulbo y la energía necesaria para que los electrones se muevan en todo el circuito.

La analogía no puede explicar las observaciones (88%), y es apropiada si miras el circuito completo (60%). Es decir, el 8% expresan que no es consistente para ir explicando el circuito por partes, en un modelo secuencial de la analogía; e incluso el análisis puede resultar confuso/frustrante (20%). Al aplicar esta analogía a un circuito de dos bombillas en serie, se reconoce que la analogía no explica adecuadamente el fenómeno. Por la dificultad en la conciliación de la evidencia con la analogía comenzaron a preocuparse por cuestiones del tipo ¿cómo funciona el circuito para saber que la energía tiene que ser compartida?

4. Consideraciones finales

Una vez que se esté familiarizado con los elementos que constituyen el circuito, de la forma de conectarlos y de cómo funcionan, parece ser el momento de pasar a plantear y analizar los modelos analógicos que se van a utilizar para explicar las propiedades observadas.

No hay analogía (o una combinación de estas) que pueda explicar con todo detalle la evidencia empírica observada en los circuitos más simples. Cuando parecen hacerlo, a menudo es debido a que la analogía no ha sido objeto de un análisis por el profesorado, en la elaboración de materiales de aula.

De otra parte, no está claro que tanto el modelo hidráulico como el térmico sean más familiares y fáciles que los circuitos eléctricos, y que por tanto que se tenga un conocimiento de ellos lo suficiente como para que puedan hacer la transferencia de conocimiento desde los modelos analógicos a los circuitos.

Los resultados obtenidos empleando analogías aconsejan su utilización puntual para facilitar el aprendizaje de aspectos concretos, evitando que un conjunto de comparaciones puedan servir más para confundir que para clarificar. En todos los casos, cuando el profesor vaya a ponerlo en práctica debe tener especial cuidado con el lenguaje utilizado, ya que puede reforzar el «modelo secuencial» sin desearlo

(Shipstone[18], 1985), más aún si los profesores arrastran errores como ciertas investigaciones han detectado (Cohen[19], 1985; Jung[20], 1985).

Se presentan pues, dos directrices docentes que pueden llegar a colisionar. De un lado, es imprescindible tener una visión global del circuito eléctrico (antisecuencial), y de otro lado, para la comprensión de los circuitos eléctricos con analogías es apropiado tratar por partes el circuito (secuencial).

No se pretende la comprensión total de las complejidades de la electricidad con una sola analogía, ya que algunas analogías son más apropiadas que otras, dependiendo del concepto que se quiera transferir del circuito, coincidiendo con los resultados de Gentner y Gentner[21] (1983).

Así pues, parece apropiado analizar el problema de las analogías con un desarrollo secuencial, esto es, ir explicando el circuito por partes, como compartimentos separados, con la analogía apropiada para cada aspecto, es decir, en forma de secuencia, sucesiva, de todos los hechos que acontecen en el circuito eléctrico. Ahora bien, el uso de las analogías siguiendo una diferenciación de las partes del circuito del conjunto en global, no está exento de problemas para comprender la naturaleza de cómo se comportan los circuitos.

Por lo tanto, el desafío pedagógico podría estar en la pregunta: ¿Es posible construir puentes para los alumnos en tales circunstancias, mediante el uso de una secuencia de analogías que faciliten el viaje del estudiante del análogo al tópico de manera que los problemas inherentes de las nociones secuenciales de un circuito sean menos persistentes?

Si una analogía no se considera apropiada, es en el área del razonamiento científico cuando surge la oportunidad óptima para centrar la atención del docente sobre el hecho de que la experiencia es un elemento central, pero no única, de la empresa científica.

La investigación apoya la afirmación de que la utilidad de una analogía parece que depende en gran medida de qué análogo está implícito en las ideas previas existentes de los profesores. Cuando no es acorde con el esquema existente, es poco probable que el profesor sea capaz de transferir al tópico. En cualquier caso, dado que los profesores tienen una amplia gama de experiencias y traen perspectivas diferentes a la situación de aprendizaje, los efectos de las analogías son percibidas de manera diferente. Creemos que las percepciones individuales dependen del pensamiento del profesor, y de las experiencias pasadas y las creencias de lo que constituye el aprendizaje en la ciencia.

Dado que resulta una cruzada casi inútil buscar las analogías que satisfagan todas las inquietudes y preguntas acordes para el alumno, parece razonable, por lo tanto, centrarse en fomentar la participación y análisis reflexivo en lugar de buscar una analogía que lo abarque todo. Este razonamiento hay que tenerlo en cuenta porque plantea dudas en la mente del que aprende; además, para apoyar a los profesores debe utilizarse la idea de que esto es parte de la naturaleza de la ciencia, y de que de esta forma van a dotarse de la suficiente experiencia en el reconocimiento de procesos similares en el aprendizaje de sus alumnos y tendrán la confianza necesaria para alentar a ejercerla en sus alumnos.

El desarrollo de una visión de la naturaleza de gran alcance (aunque provisional), de los conocimientos científicos y su explicación, probablemente aumentará la conciencia de los profesores del proceso por el cual los modelos científicos son creados, probados y modificados. La analogía anima al grupo a adoptar una visión de conjunto del circuito con el fin de explicar sus hallazgos.

---

[18] SHIPSTONE, D. M. (1985). Electricity in simple circuits. *Children's Ideas in Science*. Cap. 3. Open University.

[19] COHEN, R. (1985). Pottential difference and current in simple electric circuits: a study of student's concepts. *American Journal Physics,* vol. 51, 407-412.

[20] JUNG, W. (1985). Elementary Electricity: an epistemological look at some empirical results. *Aspects of Understanding Electricity*, 235-246.

[21] GENTNER, D. & GENTNER, D. R. (1983). Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity. En D. GENTNER & A.L. STEVENS (Eds.) Mental models (pp. 99-129). Hillsdale., NJ: Eribaum.

¿Cómo preparar la enseñanza de la electricidad?

Juan José Marrero Galván, José Fernández González

Grupo Blas Cabrera Felipe – GITEP. Departamento de Didácticas Específicas
Facultad de Educación. Universidad de La Laguna
C/ Heraclio Sánchez 34. 38204. La Laguna. Santa Cruz de Tenerife Canarias España
jmargalp@gmail.com, jofdez@ull.es

Palabras clave: Ciencias experimentales, formación y perfeccionamiento del profesorado, analogías.

Keywords: Experimental sciences, teacher formation and training, analogies.

Resumen

Se presenta una visión global del trabajo de investigación acerca del pensamiento de los docentes del ciclo superior de Primaria y de la Educación Secundaria Obligatoria trabajando con materiales para construir un circuito eléctrico. Con una reflexión teórica experimental se trata de ayudar a los profesores a resolver las dudas planteadas. Se finaliza proponiéndoles una serie de recursos, con modelos analógicos del circuito eléctrico para que analicen las bondades y diferencias para su traslado al aula.

Abstract

It is presented a global vision of the investigation work on the primary and secondary education teachers' thought who are working with materials in order to make an electric circuit. We try to help teachers to salve their doubts with an experimental-theoretical reflection. It is finished with a proposal of resources, analogical models of an electric circuit. Pros and cons in the classroom have to be analyzed.

1. Fundamentación

La electricidad es una de las áreas de la Física que presenta más dificultades de aprendizaje y en una revisión de la literatura realizada por Dorneles[1] (2005), llevada a cabo en nueve revistas en la enseñanza de la Física, encuentra 50 publicaciones sobre el tema en los últimos 20 años.

Sabemos por los trabajos de Shipstone[2] (1984) que las preguntas de los niños se centran a menudo en los mecanismos de cómo funcionan las cosas y que, en general, los libros de texto siempre aportan poco

[1] DORNELES, P.F.T., ARAUJO, I.S. y E.A. VEIT (2005). Circuitos elétricos: atividades de simulação e modelagem computacionais com o Modellus. En: http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/circuitos

[2] SHIPSTONE, D. M. (1984). A study of children's understanding of electricity in simple D.C. circuits. *European Journal of Science Education,* vol. 6, 185-198.

a la comprensión cualitativa del aprendizaje. Esto presenta un desafío de transposición didáctica para los profesores en el desarrollo de explicaciones adecuadas.

Muchos estudios indican que en la enseñanza de los circuitos eléctricos simples, los estudiantes incluso después de la instrucción formal no son capaces de analizar y predecir el comportamiento de las magnitudes físicas involucradas en dichos circuitos (Teixeira[3], 2010). Esto es así ya que la comprensión de los circuitos eléctricos lleva implícito el uso de una serie de términos que conllevan gran carga conceptual: voltaje, fuerza electromotriz (f.e.m.), diferencia de potencial (d.d.p.), generador, pila, energía, corriente, flujo, calor, etc. Son muchas las soluciones que se aportan para resolver conceptualmente el uso de estos términos, muy arraigados a pesar de la enseñanza formal (Duit[4], 1985; Dupin[5], 1987), comprobándose su detección en profesores de Física noveles (Shipstone[6], 1984), expresado el error, por ejemplo, así: *en una pila nueva hay almacenada cierta cantidad de corriente eléctrica que se consumirá, en los aparatos y elementos eléctricos conectados al circuito, con el paso del tiempo*.

Un enfoque para el aprendizaje en este tema es el montaje de circuitos sencillos y su interpretación teórico experimental expresada en esquemas (Dupin[7], 1985), otra posibilidad es a través del uso de analogías (Fernández[8], 2001; Clement[9], 2008), tratando de hacer más accesible a los alumnos lo que es esencialmente abstracto e intangible, ya que no puede verse, solamente se tienen las manifestaciones evidentes de «eso» (por ejemplo, que una bombilla da luz al colocarla de cierta manera en un circuito eléctrico simple).

2. Propuesta de la investigación

El trabajo se plantea en varias etapas que tratan de resolver, para el docente, varias cuestiones secuenciadas:

– ¿Qué es lo que desconocen los docentes desde su perspectiva para montar un circuito eléctrico?

– ¿Cómo pueden explicarse las dudas teóricas que se plantean cuando pretenden razonar sobre la experimentación?

– ¿Cómo adecuar el discurso para los alumnos utilizando analogías apropiadas?

---

[3] TEIXEIRA, P.; VEIT, E.; MOREIRA, M. (2010). A study about the learning of students who worked with computational modeling and simulation in the study of simple electric circuits. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 9 N.º 3, 569-595.

[4] DUIT, R. (1985). The meaning of current and voltaje in everyday language and consequences for understanding the physical concepts of the simple electric circuit. *Aspects of Undertanding Electricity,* 205-*214*.

[5] DUPIN, J. J. y JOSHSUA, S. (1987). Conceptions of french pupils concerning electric circuits and Evolution. *Journal of Research in Science* teaching, vol. 24, n.º 9, 791-806.

[6] SHIPSTONE, D. M. (1984). A study of children's understanding of electricity in simple D.C. circuits. *European Journal of Science Education,* vol. 6, 185-198.

[7] DUPIN, J. J. y JOSHSUA, S. (1985). Teaching electricity: interactive evolution of representations, models and experiments in a class situation. *Aspects of Understanding Electricity,* 331-342.

[8] FERNÁNDEZ, J; PORTELA, L.; GONZÁLEZ, B. y ELORTEGUI, N. (2001). *Las analogías en el aprendizaje de la Física en Secundaria*. I Congreso Nacional de las Didácticas Especiales. Vol. II Actas del Congreso, 1901-1914. Granada. ISBN: 84-8491-006-7.

[9] CLEMENT, J. y STEINBERG, M.S. (2008). Case Study of Model Evolution in Electricity: Learning from Both Observations and Analogies. Model Based Learning and Instruction in Science, Models and Modeling in Science Education. *Springer.* pg. 103-116.

La primera etapa trata de averiguar qué es lo que cree el docente que sucede en una experimentación sencilla, de la que pueda hacer una propuesta a sus alumnos, para de esta forma conocer cuáles son sus propias dudas conceptuales, didácticas, de la transposición de los conceptos desde su óptica a la de los alumnos, de interpretación del experimento, etc. Para ello, dispone de los materiales necesarios para hacer un circuito, realizándose una grabación en audio de las conversaciones de todos y cada uno de los grupos formados.

En la segunda etapa se pretende seguir una metodología de descubrimiento experimental guiado, con el montaje de una serie de actividades y experiencias (experimentos solapados con cuestiones) que puedan dar explicaciones, al propio profesor asistente, de muchas de las preguntas que se habían hecho en la etapa anterior. Consiste en una reflexión teórico práctico-experimental para explicar a quién asignar la denominación de cátodo y ánodo, qué sucede en cada uno de ellos, qué es una pila, cómo funciona el circuito, qué papel tienen los electrones, cuál es el sentido de la corriente, etc.

En la tercera etapa se presentan al profesorado recursos analógicos para explicar el circuito eléctrico. Así se muestran algunas de las analogías más frecuentes presentadas en la bibliografía, para que hagan un análisis de su idoneidad para explicar el c. e. a sus alumnos. Las analogías propuestas han sido:

1. Símil hidráulico / corriente eléctrica
2. Circuito calefacción / circuito eléctrico
3. Botellón de agua y tubos plásticos / circuito eléctrico
4. Sistema circulatorio humano / circuito eléctrico
5. Grupo de individuos moviéndose / corriente eléctrica

3. Desarrollo

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de la Facultad de Educación (Universidad de La Laguna). El grupo formado por 24 profesores de Primaria y Secundaria se reunieron durante siete sesiones de cuatro horas de duración cada una, realizando cada sesión con un cierto distanciamiento temporal de la siguiente.

Durante la ejecución de las dos primeras sesiones, que denominamos primera etapa, se mantenían reuniones específicas con los distintos grupos formados (6 grupos de 4 profesores), para conocer las dudas conceptuales y solventar su inquietud reflexiva en torno a los circuitos eléctricos sencillos.

Se distanció temporalmente el intervalo de la primera a la siguiente etapa, lo suficiente para permitirnos recopilar la colección de preguntas o dudas que habrían de sistematizar cada pequeño grupo de trabajo; posteriormente se unieron a este dossier las contribuciones de cuestiones resultantes del estudio de las grabaciones audio que se hacían en paralelo en cada grupo de profesores asistentes.

Superada la primera fase se afrontó la segunda etapa; en esta, el trabajo era eminentemente reflexivo y experimental, con un fuerte apoyo directivo en las pautas del montaje del material y en ir solventando, sobre la marcha, las explicaciones del experimento o de las dificultades planteadas. En esta fase el ritmo de cada grupo era muy diferente al de los demás, así como las necesidades de apoyo; esto ocasionó que la etapa se prolongara más de lo previsto.

La tercera etapa resultó muy participativa para los asistentes, aunque mostraban cierta predilección por determinados modelos analógicos, a los que dedicaban una mayor atención para adecuarlo a sus materiales de aula. Fue en esta fase donde solicitaron mayor documentación bibliográfica para cumplimentar sus aplicaciones didácticas.

4. RESULTADOS Y REFLEXIONES FINALES

En la primera etapa se obtiene una recopilación de innumerables dudas del profesorado que se han estructurado por apartados:

– Situaciones generales acerca del circuito eléctrico.

– Flujo de electricidad.

– Batería.

– Bombilla.

Nos preocupa la organización de lo que sabe el docente, más que lo que puede transferir de conocimientos. Resulta sorprendente que el profesor necesite un «protocolo» conceptual de electricidad práctica para actuar con confianza con los alumnos. Este hecho remodeló los planteamientos con que se organizó la secuencia de formación con que se continuaría en adelante.

Los aspectos materiales y energéticos suelen solaparse en el discurso de alumnos (también de profesores y textos) llegando a expresarse erróneamente, como se ha puesto de manifiesto en distintas manifestaciones. Esta cuestión la hemos abordado desde distintas ópticas para solucionarlo didácticamente y, desde nuestro punto de vista, solo se puede conseguir remediarlo acudiendo continuamente al balance energético para constatar la conservación de la energía.

Algunos autores proponen el uso del voltaje como el concepto primario de los circuitos de corriente continua (Rhoneck[10], 1985; Psillos[11], 1988), a nosotros nos resulta más eficaz (por ser partidarios del balance energético) utilizar los aportes y consumos energéticos en cada elemento del circuito, con la consiguiente conversión del voltaje a significados energéticos.

Las dificultades detectadas han sido: a) falta una idea global del circuito para explicar el flujo de corriente (el flujo suele confundirse con fluido), b) falta habilidad para pasar del problema o circuito real a formalizarlo en un esquema y en una ecuación, y recíprocamente; c) hacer práctica la idea teórica que se tiene, o teorizar la práctica real de un circuito en el que están trabajando; d) tratar el circuito en términos energéticos (relacionados con la fuerza electromotriz, con la diferencia de potencial, con la resistencia e intensidad, con la potencia de una bombilla, etc.).

A pesar de los esfuerzos de análisis y reflexión introspectiva de cada individuo, presumíamos la persistencia de ciertos errores, por lo que se planificaron actividades teórico experimentales avaladas por diversas investigaciones (Cohen[12], 1985; Fredette[13], 1980; Shipstone[14], 1985; Varela[15], 1993), que presentan una serie de actividades para superar los resultados de la investigación del circuito eléctrico. Esto llevó a diseñar una secuencia pormenorizada para solventar la confusión terminológica, en el sentido de utilizar adecuadamente corriente, energía, voltaje, diferencia de potencial, potencial, intensidad, flujo de electricidad, etc.

---

[10] RHONEK, C.V. (1985). The introduction of voltage as an independent variable, the importance of preconceptions, cognitive conflict and operating rules. *Aspects of Understanding Electricity,* 275-286.

[11] PSILLOS, y col. (1988). Voltaje presented as a primary concepts in an introductory teaching sequence on DC circuits. *International Journal os Science Education,* vol. 10, n.º 1, 29-43.

[12] COHEN, R. (1985). Pottential difference and current in simple electric circuits: a study of student's concepts. *American Journal Physics,* vol. 51, 407-412.

[13] FREDETTE AND LOCHHEAD, J. (1980). Students conceptions of simple circuits. *The Physics Teacher,* vol.18, 194-198.

[14] SHIPSTONE, D. y GUNSTONE, J. (1985). Teaching children to discriminate between current and energy. *Aspects of Understanding Electricity,* 287-298.

[15] VARELA, P.; FAVIERES, A.; MANRIQUE, MARÍA J. y LANDAZABAL, María C. (1993). Iniciación a la Física en el marco de la teoría constructivista. *Ministerio de Educación y Ciencia,* C.I.D.E. Dir Gral Renov. Pedag. Madrid. ISBN: 84-369-2440-1.

En la segunda etapa encontramos al profesor reflexivo, científico y pensador, así como la faceta de investigador inherente en muchos profesores de ciencias, al tomar contacto con la interpretación razonada del experimento (momento en que más necesita la codirección del experto en didáctica). Muchos comentarios insisten en cómo han vivenciado el experimento y lo interesante que resultaba detectar la dificultad de explicar lo que sucede en el laboratorio en consonancia con la teoría, así como conocer la parte de convenios de la electricidad (novedoso para algunos de ellos).

En la tercera etapa se pone de manifiesto la importancia de las analogías para la docencia en el circuito eléctrico, pero, a su vez, les hace meditar acerca de la necesidad de la preparación previa de los materiales en sintonía y acorde al nivel de los alumnos, porque las limitaciones que presentan algunas analogías puede hacer que algunas de ellas sean incluso inapropiadas por inducir a errores conceptuales en los alumnos.

Encuentran que no existe una analogía que pueda explicar la evidencia empírica de todos los aspectos de un circuito eléctrico, sino que, por el contrario, algunas de ellas son muy apropiadas para comprender solo alguna de las partes de cómo acontece el fenómeno eléctrico.

Esto plantea una cuestión muy importante, acerca de cuál puede ser la mejor manera de apoyar a los profesores en fomentar el aprendizaje, para promover la comprensión cualitativa de lo que sucede en los circuitos eléctricos, es decir, concentrarse en aprender «sobre» la electricidad. Comprender los circuitos requiere tratar con un conjunto de conceptos relacionados entre sí como la idea de energía, su conservación, la resistencia a la transformación y la transferencia de energía. No sin dejar de mencionar la concepción de calor, temperatura, energía en tránsito, energía acumulada y un largo número de convenios universalmente aceptados.

Con los términos de energía, calor, temperatura, corriente y flujo (confundible con fluido) sin distinguir adecuadamente, los aspectos materiales y energéticos suelen solaparse en el discurso de los alumnos (también de profesores y textos), llegando a expresarse erróneamente así: *«el fluido puede transformarse desde un aspecto energético y conservarse desde un punto de vista material»,* también coherente con la idea de que la corriente que esta almacenada en la pila se *«gasta»* porque es un depósito de fluido.

Coincidiendo con Heywood[16] (2010), nuestros resultados indican que cuando se crean conflictos a los profesores con sus ideas preconcebidas sobre el funcionamiento de un circuito, hay un bloqueo a generar preguntas. Todo lo contrario ocurre con los profesores que tenían ideas menos formalizadas en electricidad. En este último caso, la afluencia de preguntas fue mayor tanto en cantidad como en profundidad.

Los resultados de las investigaciones parecen indicar que el uso de las analogías facilita a los estudiantes la comprensión de los circuitos eléctricos (Clement[17], 2008), siempre que se resuelvan algunas limitaciones; esto es cuando: a) la semejanza entre el análogo y el tópico no es conceptualmente apreciable; b) el análogo no suele ser familiar y suficientemente conocido, y c) la trasferencia de conocimiento para el estudiante no es fácil por su desarrollo psicoevolutivo.

Coincidimos con Hierrezuelos[18] (1991) y Glinn[19] (1995) en que solo en aquellos casos en que se había dicho explícitamente cómo había que utilizar la analogía se encontraban diferencias notables en los re-

[16] Heywood, D. y Parker, I. (2010). The Role of Analogies in Learning. *The Pedagogy of Physical Science*, pgs 39-64, Cap.3 The Pedagogy of Physical Science, Science & Technology Education Library, Vol. 38, Springer Science Netherlands.

[17] Clement, J. y Steinberg, M.S. (2008). Case Study of Model Evolution in Electricity: Learning from Both Observations and Analogies. *Model Based Learning and Instruction in Science, Models and Modeling in Science Education. Springer.* pg. 103-116.

[18] Hierrezuelo, y Montero (1991). *La Ciencia de los alumnos*. Editorial Elzevir. Málaga.

[19] Glynn, S., Duit, R. y Thiele, R. (1995). Teaching science with analogies: A strategy for constructing knowledge. *Learning science in the schools: Research reforming practice*. En S. Glynn & R. Duit (Eds.), Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 247-273.

sultados obtenidos. Esto es importante porque muestra que un docente sin experiencia en el trabajo de circuitos eléctricos no se da cuenta del significado de una analogía relevante, cuando esta podría ofertarle una solución para el problema que está tratando de resolver. Los modelos hidráulicos no son de fácil comprensión y exigen un tiempo para familiarizar a los alumnos con ellos; no es nada evidente que los alumnos atribuyan a la diferencia de presión el flujo de agua en la conducciones, esto lleva tiempo, y no se puede olvidar que el objetivo no es el aprendizaje de los modelos sino la comprensión del funcionamiento de los circuitos eléctricos.

Por último y como futura investigación, creemos que sería interesante estudiar las actividades que realiza el docente para introducir los nuevos comentarios en sus respectivas aulas.

La monografía en el Bachillerato Internacional como experiencia docente

Carlos J. Martín Blanco, Sofía Martín Nieto

I.E.S. Maestro Matías Bravo. Avda. Mar Egeo, s/n. 28341. Valdemoro. Madrid

biología.mmb@gmail.com

Palabras clave: Didáctica, investigación, biología, ciencias ambientales, bachillerato internacional.

Keywords: Didacticism, investigation, biology, environmental science, international baccalaureate.

Resumen

La Organización del Bachillerato Internacional es una entidad sin ánimo de lucro fundada en Ginebra en 1968. El programa del Bachillerato Internacional puede cursarse en español, inglés o francés. Los alumnos tienen que elegir seis asignaturas pertenecientes a grupos diferentes. Hay tres requisitos adicionales: Teoría del Conocimiento; Creatividad, Acción y Servicio (CAS) y la Monografía. La formación científica es cada vez más necesaria para afrontar los continuos cambios de nuestro mundo. El gran desarrollo de las tecnologías y su acceso cada vez más fácil a una gran parte de la población influye notablemente en el aprendizaje de nuestros alumnos. Los profesores necesitamos desarrollar estrategias de enseñanza específicas.

Abstract

The Internacional Baccalaureate Organization is an international organization with non profit motive, founded in Geneva, 1968. The IB programme can be taken in English, French or Spanish. Students can choose six subjects from different subject groups. There are also three additional core requirements: Theory of Knowledge; Creativity, Action and Service (CAS) and the extended essay. The scientific instruction its ever more necessary to cope with the continous changes in our world. The great development of the technologies and their access so easy for a large part of the population greatly influences the learning of our students. Teachers we need to develop specific teaching strategies.

1. Introducción

Desde el curso 2008-09, el Instituto de Educación Secundaria (IES) Maestro Matías Bravo (Valdemoro, Madrid) viene impartiendo las enseñanzas del Diploma del Bachillerato Internacional. Con este trabajo queremos dar a conocer una de las actividades didácticas que realizamos los profesores de *Biología* y *Sistemas Ambientales* en el marco de este proyecto, a la que se suman otros profesores del Departamento de Biología y Geología. Adaptada a contextos particulares, esta actividad puede extrapolarse y tenerse

en cuenta en la planificación de actividades prácticas en cursos de Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato Ley de Ordenación de la Educación (LOE).

La organización del Bachillerato Internacional es una entidad sin ánimo de lucro fundada en Ginebra en 1968. Cuenta con diversos programas destinados a diferentes niveles educativos no universitarios que cursan en la actualidad más de 925.000 alumnos de 3.215 centros distribuidos en 140 países de todo el mundo, su relevancia internacional es indudable[1]. En España el programa es impartido en 52 centros, cifra superior a la de otros países de nuestro entorno como Francia (11), Finlandia (15) o Alemania (45), pero muy inferior a la de Reino Unido (216) o Estados Unidos (747).

En el mundo cambiante en el que vivimos es cada vez más clara la necesidad de instrucción científica para desenvolvernos en nuestras actividades cotidianas. El gran desarrollo de las tecnologías y su facilidad de acceso para buena parte de la población condiciona enormemente el aprendizaje de nuestros alumnos. Los profesores tenemos que desarrollar estrategias didácticas específicas[2].

Con esta idea, en el IES Maestro Matías Bravo hemos considerado que los trabajos prácticos son una importante estrategia en el enfoque constructivista de la enseñanza[3], no solo en el Bachillerato Internacional sino también en otras etapas educativas.

2. La monografía

Es un trabajo que llevan a cabo los alumnos de Bachillerato Internacional eligiendo solo una de las asignaturas que cursan y se realiza a lo largo de los dos cursos de Bachillerato. Se han propuesto[4] guías para la realización de este tipo de trabajos dirigidas a alumnos de Secundaria.

La monografía es por tanto un trabajo experimental, que debe iniciarse en el segundo o tercer trimestre del primer curso con la elección y planificación de la investigación. El grueso de la fase de recopilación de datos, tanto bibliográfica como experimental, se realiza durante el verano o el inicio del segundo curso. La corrección y depuración del manuscrito con los resultados se hace durante el primer trimestre del segundo curso. El informe final no puede exceder de 4.000 palabras excluidos portada, índice, resumen, pies de foto y bibliografía.

El trabajo a desarrollar debe ser original y tiene que enfocarse desde una perspectiva biológica o medioambiental (lo relevante serán los seres vivos, no los aspectos químicos o físicos). Dadas las limitaciones que un trabajo de este tipo tiene para los alumnos y los centros de Educación Secundaria, el tema debe concretarse mucho para que las conclusiones y el desarrollo experimental sean viables.

Algunos de estos trabajos han sido presentados en certámenes de ámbito nacional para alumnos de Bachillerato o primeros cursos de facultad (*Fig. 4*) que en ocasiones publican en revistas específicas una versión abreviada de las ponencias[5]. También han llegado a revistas más especializadas[6] (MARTÍN-BLANCO, en prensa) las experiencias pedagógicas de algunas de estas monografías.

---

[1] DRAKE, B. (2004). Internacional education and I.B. programmes: worldwide expansion and potencial cultural dissonance. *Journal of Research in International Education*, 3(2): 189-205.

[2] GARCÍA HERRERO, J.N. (2008). La didáctica en la clase de ciencias. *Memorias R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 2.ª ép. 5: 307-319.

[3] TRUMPER, R. (2003). The physics laboratory – a historical overview and future perspectives. *Science & Education,* 12: 645-670.

[4] CALDERÓN, G. (2005). *Aprender a investigar investigando*. Universidad Nacional de Colombia. Editorial Zapata. Manizales.

[5] CANO BARBACIL, C. (2011). Aproximación al catálogo de aves de Valdemoro. *II Encuentro de Impulso a la investigación en jóvenes,* 2: 105-110.

[6] MARTÍN-BLANCO, C.J. *en prensa.* El análisis estadístico en la ecología vegetal. *Boletín de Estadística e Investigación Operativa.*

3. ¿Cómo surgen las monografías?

Una vez que el alumno ha decidido realizar la monografía con nuestro Departamento, debe seguir los siguientes pasos:

3.1 Propuesta de tema

Generalmente resulta difícil para los alumnos de Bachillerato elegir el tema sobre el que quieren investigar. Por ello se plantea una primera dicotomía: trabajo de campo o trabajo de laboratorio.

a) Si elige un trabajo de campo deberá decidir lugar y especies con las que trabajar, o grupos de individuos a muestrear. Son varias las posibilidades en este sentido, puede centrar la atención en un grupo de especies reducido o quizá la elección se haga sobre un ecosistema más o menos bien definido (*Figura 1*).



Figura 1. A la izquierda flor de *Alcea hirsuta*, especie seleccionada para la realización de un estudio comparativo ecofisiológico de plantas hidrófilas y xerófilas. A la derecha, cerro yesífero junto a la laguna de San Juan (Chinchón) donde se estudiaron las comunidades vegetales.

b) Si el trabajo es de laboratorio deberá tener en cuenta que no se permite la investigación con animales vivos y que la investigación estará limitada físicamente por la dotación de material de laboratorio del centro o por las limitaciones económicas para la adquisición del mismo. En ocasiones es posible suplir cierto instrumental con ingenio, como fue la realización de fermentadores (*Figura 2*).



Figura 2. Fermentador de mosto de elaboración artesanal utilizado en un estudio sobre biotecnología. Para su elaboración se utilizó un tarro de vidrio en cuya tapadera metálica se adaptó una válvula de plástico para permitir la salida controlada de CO_2.

Existe la opción de que el alumno trabaje en laboratorios de investigación externos (universidad, empresas, etc.), siempre que alguien de su entorno pueda facilitarle esta situación, aunque siempre bajo la supervisión de un profesor del centro. Hemos experimentado dos modalidades de colaboración: una parcial, que consistió en que una EDAR facilitara las muestras para la investigación, y otra total, en la que la alumna realizó su investigación en dependencias de la Universidad Complutense de Madrid.

3.2 Planteamiento de una pregunta de investigación

La pregunta debe ser suficientemente concisa y referida a una escala para que la recogida de datos y su posterior análisis permitan responder a la misma. La identificación de especies puede limitar muchos trabajos por la imposibilidad de adiestrar a los alumnos en tan breve tiempo. Reducir el ámbito espacial permite salvar esta dificultad: una de nuestras alumnas estudió las comunidades de aves en tres localidades de Valdemoro, de modo que en unas semanas estaba familiarizada con las especies presentes en los medios que estudiaba.

3.3 Búsqueda de bibliografía e información previa para la puesta en marcha de la investigación

Estará referida a libros, revistas científicas o páginas web, para recopilar bibliografía actualizada. Las referencias serán adecuadas al nivel de los alumnos.

3.4 Elección de las variables a muestrear y número significativo de muestras

Deberá tener en cuenta si dispone del tiempo y materiales necesarios para muestrear las variables y recoger un número significativo de muestras en las fechas previstas. Uno de los aspectos interesantes de este tipo de investigaciones es que inician a los alumnos en el tratamiento estadístico de los datos y les conciencia de la importancia y repercusión que tienen en sus conclusiones. Esta metodología obliga a los jóvenes investigadores a ser muy meticulosos en las mediciones y manejar grandes cantidades de muestras (*Figura 3*).

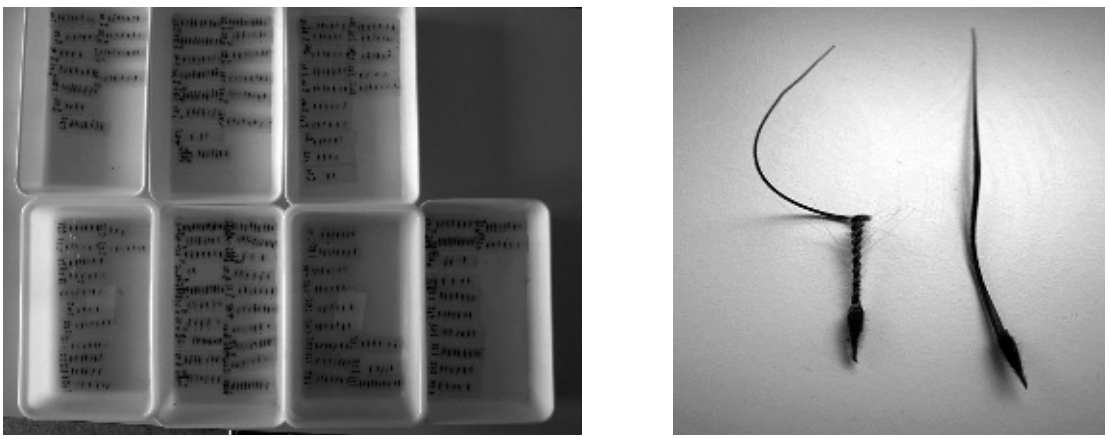


Figura 3. A la izquierda, muestras de picos de frutos de *Erodium ciconium*, listas para su estudio biométrico. A la derecha, frutos antes de ser procesados. En este estudio se pretendía analizar la variabilidad intraespecífica de esta especie en diferentes hábitats.

3.5 Preparación y puesta a punto del material y fechas de realización del muestreo

Otro aspecto a considerar es la disponibilidad de todo el material necesario para la ejecución de la fase experimental:

– Realización de pedidos (compra de material).
– Limpieza, calibrado o ajuste de aparatos.
– Disponibilidad de material en fechas previstas y no interferencia con otros alumnos.

3.6 Recogida de datos

Elaboración de tablas adecuadas a la toma de datos:

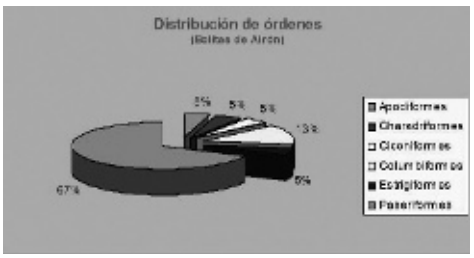
a) En el campo: muestreo periódico o estacional, localizaciones, número de muestras, etc.
b) Puesta en marcha de la experiencia de laboratorio y toma de muestras (diarias, número de muestras, etc.).

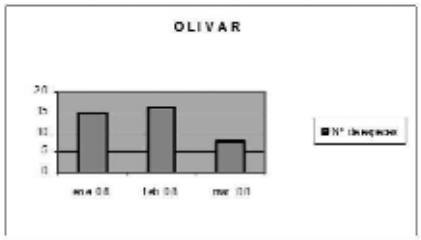
3.7 Procesamiento de datos obtenidos

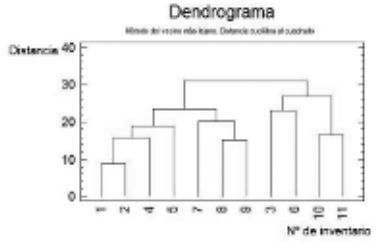
Esta es la fase de análisis de los datos obtenidos en la fase experimental. Debe contemplar diversos aspectos en los que se hará especial hincapié en aspectos formales:

– Cálculo de parámetros.
– Elaboración de gráficas.
– Comparación de diferentes parámetros estudiados, posibles correlaciones.
– Comparación con resultados de otras investigaciones o índices.
– Procesamiento informático de datos.

$$C \cdot J = \frac{C}{A + B - C} \qquad \chi^2 = \frac{n(b \cdot c - a \cdot d)^2}{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)}$$







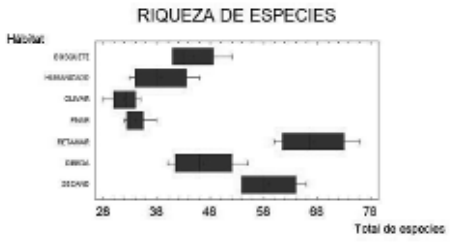


Figura 4. Algunos parámetros y estadísticas calculados en las monografías. El tratamiento numérico de los datos obtenidos es una de las principales facetas de la fase analítica en la que se basarán las conclusiones. Se concede gran importancia a la representación gráfica de los resultados. Los gráficos utilizados son muy variados y dependen del tipo de tratamiento estadístico que se dé a la información.

3.8 REVISIÓN DEL TRABAJO

Una vez concluida la investigación se escribe un informe pormenorizado que debe ajustarse a unas características preestablecidas por la organización del Bachillerato Internacional. Dicho informe es sometido a una exhaustiva evaluación por parte del alumno y de su tutor antes de ser enviado al corrector externo. Algunos de los aspectos que se toman en cuenta son:

¿Se ha contestado a la pregunta formulada?

¿Se han cometido errores en la toma de datos o en el muestreo?

3.9 ELABORACIÓN DE CONCLUSIONES

Las conclusiones a las que llegan los alumnos en sus monografías son realmente productivas. En general, se estructuran como enunciados sucintos y numerados basados en los datos bibliográficos y en los experimentales. Transcribimos, a modo de ejemplo, algunos de los enunciados:

ESTUDIO DE LA VEGETACIÓN YESÍFERA DE LA LAGUNA DE SAN JUAN

1. La Laguna de San Juan se encuentra en la región mesomediterránea, con un ombroclima seco.
2. Distinguimos tres grupos de vegetación en los cerros: un espartal típico, uno con alta cobertura de *Reseda suffruticosa* y otro de carácter nitrófilo.
3. Según aumentamos la altitud, encontramos una mayor variedad de plantas.
4. La cobertura de *Stipa* no disminuye significativamente en ninguna zona.
5. El pH es medianamente básico, pero adecuado para la vegetación.
6. Según aumenta la altitud hay mayores disimilitudes entre inventarios, lo que nos hace relacionar los tres grupos de vegetación con las diferentes alturas a las que nos encontremos.

BUSCANDO UN CENTRO EDUCATIVO MÁS SUSTENTABLE. CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DEL I.E.S. MAESTRO MATÍAS BRAVO

Como se indicaba en el objetivo de la investigación, se han localizado fuentes de emisiones de CO_2 relacionadas con el consumo de recursos.

Tras conocer todas las emisiones que realiza el centro y aplicar la ecuación adecuada se ha llegado a la conclusión de que la huella ecológica del mismo es de **23.566** ha/curso y **31.578 hag**, es decir, el MMB necesita 23,57 ha de bosque madrileño para asimilar las emisiones de CO_2 que emitió en el curso académico 2010/11.

$$\text{Huella (ha/curso)} = \frac{124.429\ \text{ton}CO_2}{5{,}28\ \text{ton}CO_2/\text{ha/curso}} = 23.566\ \text{ha/curso}$$

$$\text{hag} = 23{,}57\ \text{ha} \times 1{,}34\ \text{hag/ha} = 31.578\ \text{hag}$$

4. ¿QUÉ APORTA LA MONOGRAFÍA A LOS ALUMNOS?

Como docentes de asignaturas científicas, una de nuestras preocupaciones es el desarrollo de vocaciones científicas firmes y un espíritu crítico e independiente en el análisis de la realidad. Las monografías contribuyen en gran medida a lograr todos estos objetivos. Sus aportaciones más importantes podemos resumirlas en:

1.º Iniciación al trabajo de investigación científica.

2.º Aproximación a los problemas reales con los que se encuentra una investigación:
   – Falta de medios técnicos o recursos.
   – No disponer espacios apropiados a la investigación.

3.º Obtención de conclusiones en función de resultados obtenidos por uno mismo y que pueden ser diferentes a los esperados (capacidad de frustración).

4.º Elaboración de un informe escrito de calidad.

5.º Realización de un trabajo personal que requiere afrontar individualmente un problema e ir superando las posibles dificultades que aparezcan, lo cual facilita la maduración intelectual.

5. Retos a superar durante la elaboración de una monografía

La monografía supone para los docentes una sucesión de dificultades que hay que resolver sucesivamente. Desde el momento en que un alumno plantea a su profesor la tutela de su trabajo de investigación comienzan los retos:

1.º El profesorado no dispone en su horario laboral de tiempo específico reconocido de supervisión de las actividades que el alumno requiere de él. Este hecho se ha acentuado en el presente curso al incrementarse el número de horas lectivas y, por tanto, de atención a grupos de alumnos, normalmente numerosos.

2.º Falta de espacios, especialmente en el laboratorio, donde los alumnos puedan realizar los montajes y muestreos necesarios, ya que estos espacios son utilizados como aulas de forma continuada.

3.º Limitación temporal para la realización de trabajos de campo. La organización de las enseñanzas hace que el momento ideal para la ejecución de la fase experimental sea el verano. En nuestro país eso supone una seria limitación, ya que impide disponer de momentos de muestreo durante la primavera, estación en la que se desarrolla una buena parte de la actividad ecológica.

4.º Limitaciones técnicas, disponibilidad de aparatos o medidores de variables requeridos, hecho que determina que se rechacen algunos proyectos iniciales o que se deba invertir en la compra de material a cargo del presupuesto del Departamento.

5.º Al tratarse de un trabajo individual, no es posible compartir con otros alumnos el proceso de investigación y las conclusiones del mismo. Este hecho intentamos solventarlo con la presentación a jornadas o muestras de «Jóvenes Investigadores» en las que los alumnos pueden mostrar su trabajo, hecho que les sirve de gran estímulo.

La vida cotidiana en la enseñanza de la Química y de la Física

Gabriel Pinto Cañón, Manuela Martín Sánchez,
María Teresa Martín Sánchez

Grupo de Didáctica e Historia, Reales Sociedades Españolas de Química y de Física
Grupo de Innovación Educativa de Didáctica de la Química
E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid
José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid
gabriel.pinto@upm.es

Palabras clave: Vida cotidiana, aprendizaje activo, aprendizaje basado en problemas.

Keywords: Everyday life, active learning, problem-based learning.

Resumen

Se resalta la importancia de incorporar aspectos de la vida cotidiana en la enseñanza de Física y de Química, en los distintos niveles educativos. Se resumen propuestas didácticas (problemas, experimentos, uso de noticias de prensa, etc.) realizadas por los autores, que incluyen aspectos como la «memoria» que muestra un envase de yogur al superar cierta temperatura, el enfriamiento del agua contenida en recipientes de cerámica porosa, el uso de procesos exotérmicos en bebidas «autocalentables» o la influencia de la temperatura en la velocidad de hidratación osmótica de legumbres sumergidas en agua, entre otros. Los objetivos buscados son: promover la motivación de alumnos y profesores, facilitar el uso de herramientas educativas innovadoras, favorecer el pensamiento crítico y colaborar en la formación ciudadana.

Abstract

This paper highlights the importance of incorporating aspects of daily life in teaching physics and chemistry in the different educative levels. Various educational tools (problems, experiments, use of news, etc.) developed by the authors are summarized. These tools include topics such as the «memory» shown by yogurt containers (made of polystyrene) when the temperature is increased, the cooling of water in a porous earthenware pitcher, the use of exothermic processes in «self-heating» beverages, or the influence of the temperature in the kinetics of the osmotic hydration of legumes soaked in water, among others. The main goals are to promote students and teachers motivation, to facilitate the use of innovative educative tools, to encourage critical thinking and to cooperate in the civic education of students.

1. INTRODUCCIÓN: LA VIDA COTIDIANA EN LAS ENSEÑANZAS DE FÍSICA Y DE QUÍMICA

En este trabajo se analiza cómo aspectos de la vida cotidiana, familiares y cercanos a los alumnos, pueden utilizarse en la enseñanza de materias de la física y de la química en los distintos niveles educativos. En ese análisis se constata la existencia de dos tendencias opuestas. Desde modelos enfocados principalmente a la mera transmisión de conocimientos, se considera, en términos generales, que este tipo de herramientas educativas distorsionan el ritmo y guión de la clase y que, para alumnos que sientan curiosidad por el tema, están suficientemente recogidas en los libros de texto (en secciones específicas del tipo «ciencia en acción», la «física en nuestra vida», etc.). Por otra parte, y de carácter más minoritario entre el profesorado, hay propuestas que prefieren que el propio currículo se base en experiencias próximas a los alumnos. Entre estas dos vertientes antagónicas se encuentra una buena parte del profesorado que señala que les gustaría aplicar más esta última metodología pero no encuentran el tiempo ni la oportunidad adecuados.

Los autores de este trabajo proponen una metodología que se podría calificar de *equilibrio dinámico* entre los extremos señalados. Sugieren la introducción de aspectos cotidianos como herramienta pedagógica potente y de interés, cuyo uso no se limite a adornos retóricos ni a un tiempo de «entretenimiento» para los alumnos.

Jiménez Liso y col.[1] parten de una serie de reflexiones sobre este tema, para discutir sobre el papel que puede ocupar la vida cotidiana en la didáctica de la química, y destacan que no puede ceñirse a la proliferación de un aumento de ejemplos o situaciones conocidas, sin modificar la metodología ni el tipo de evaluación. También señalan que la limitación a fenómenos curiosos, centrados en el espectáculo, conlleva el riesgo de dotar de un carácter mágico y generar una imagen de dificultad. En resumen, proponen que la química cotidiana debe ocupar el papel protagonista de contenidos, actividades de clase y materiales utilizados, y que se deben seleccionar experiencias adecuadas (por nivel de dificultad y acorde a los objetivos y la planificación) y metodologías apropiadas (basadas en la indagación e investigación por parte de los alumnos).

En general, la incorporación de aspectos de la vida cotidiana puede permitir afrontar algunos de los retos que plantea la innovación educativa contemporánea de las ciencias experimentales y que se pueden resumir, a juicio de los autores de este trabajo, en aspectos como: aprendizaje basado en problemas o casos y en la indagación, aproximaciones interdisciplinares (por ejemplo, mediante enfoques ciencia-tecnología-sociedad, C-T-S), rediseño de contenidos, aprendizaje cooperativo (con interdependencia positiva, responsabilidad individual e interacción simultánea), uso de ordenadores gráficos (como los mapas conceptuales o la V de Gowin), uso de las TIC, formación en competencias, crédito ECTS (en el ámbito universitario) y nuevas formas de evaluación (portafolio, rúbricas, …), entre otros.

En los últimos años, hemos diseñado variadas propuestas didácticas (problemas, cuestiones, experimentos, analogías, uso de noticias de prensa, etc.) sobre enseñanza de la física y la química y vida cotidiana, que se detallan en distintas publicaciones. Aquí se resumen muchas de ellas, para facilitar la búsqueda de la herramienta adecuada a sus necesidades, por parte de otros docentes, y para que pueda servir de inspiración. Se detalla también, en cada caso, la publicación donde se describe cada actividad, para permitir una información con mayor detalle para el lector interesado. Al final se ofrece un breve apartado con conclusiones y reflexiones.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con el conjunto de las herramientas son: favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje, promover la motivación (de alumnos y de profesores) y el aprendizaje activo, facilitar el empleo de herramientas educativas innovadoras, promover la interdisciplinariedad, favorecer el pensamiento crítico y colaborar en la formación ciudadana.

---

[1] JIMÉNEZ LISO, M.R., SÁNCHEZ GUADIX, M.A., MANUEL TORRES, E. (2003). Química cotidiana: ¿amenizar, sorprender, introducir o educar? En PINTO, G. (coord.). *Didáctica de la química y vida cotidiana*, Madrid, Sección de Publicaciones de la ETSI Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, pp. 15-23.

2. Problemas y ejercicios sobre aspectos de la vida cotidiana

Se resumen algunos problemas y ejercicios elaborados por los autores, donde se analizan diversos aspectos de la vida cotidiana.

– Uso de compuestos de cloro como desinfectantes de agua para usos específicos[2]. Se tratan aspectos como desinfección y potabilización del agua, cálculo de cargas formales y números de oxidación, resonancia y química de los cloroisocianuratos.

– Estequiometría de medicamentos a partir de la información aportada por los fabricantes[3,4]. Se sugieren una serie de preguntas a los alumnos para que discutan aspectos como cálculos estequiométricos, formulación, química y salud, hidratación de sales, compuestos de calcio, compuestos de hierro, resonancia, cálculo de órdenes de enlace y aproximaciones numéricas.

– Estequiometría de fertilizantes. Se resalta la importancia de los fertilizantes y se sugieren cálculos estequiométricos sobre estos compuestos, cuyo uso es bien conocido[5].

– Composición de aguas minerales a partir de la información de sus etiquetas. Se discute sobre composición de aguas minerales, análisis químico, descomposición térmica de bicarbonatos, dureza del agua, y empleo de cifras significativas[6].

– Emisión de dióxido de carbono por automóviles, en función del consumo de combustible. A partir de datos obtenidos por los alumnos en anuncios de periódico o en páginas web sobre automóviles, se les proponen problemas en los que trabajan con cálculos estequiométricos y aspectos como emisión de dióxido de carbono, diferencias entre gasolina y gasóleo, densidad de líquidos, representaciones gráficas y combustión[7]. En la figura 1 se muestra una gráfica típica que los alumnos deben elaborar e interpretar. Como en muchos de los ejemplos propuestos, los alumnos trabajan con datos de diferentes automóviles, pero las conclusiones deben ser análogas para todos.

– Emisión de dióxido de carbono evitada por el uso de células solares. Se propone un ejemplo que promueve cálculos estequiométricos en combustión, fuentes de energía y uso adecuado de unidades, a partir de la información aportada en paneles informativos[8].

– Productos fluorados para el cuidado dental. A través de la información dada por los fabricantes en los envases de dentífricos y en distintas páginas web, se trabaja sobre compuestos empleados en esos productos y en el agua potable para el cuidado dental, uso tópico y sistémico de compuestos fluorados, cálculos estequiométricos, formulación química, química y salud, información química para el público, resonancia, aproximaciones numéricas, cálculo de órdenes de enlace y determinación de números de oxidación y de cargas formales[9].

---

[2] Pinto, G., Rohrig, B. (2003). Use of chloroisocyanurates for disinfection of water, *Journal of Chemical Education*, 80, 41-44.

[3] Pinto, G (2003). Determination of the degree of hydration of iron(II) sulphate in a medicine, *Education in Chemistry*, 40, 11.

[4] Pinto, G (2005). Stoichiometry of calcium medicines, *Journal of Chemical Education*, 82, 1509-1512.

[5] Pinto, G. (2005). Stoichiometric problems in context, *Education in Chemistry*, 42, 108-109.

[6] Pinto, G. Oliver-Hoyo, M.T. (2008). What is in your bottled water?, look at the label!, *The Chemical Educator*, 13, 341-343.

[7] Oliver-Hoyo, M.T., Pinto, G. (2008). Using the relationship between vehicle fuel consumption and CO_2 emissions to illustrate chemical principles, *Journal of Chemical Education*, 85, 218-220.

[8] Pinto, G. (2009). Determining the CO_2 emissions averted by the use of solar power, *Journal of Chemical Education*, 86, 1033.

[9] Pinto, G. (2009). Fluorine compounds and dental health: applications of general chemistry topics, *Journal of Chemical Education*, 86, 185-187.

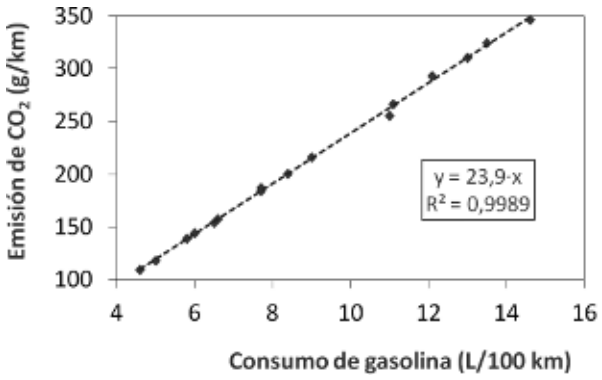


Figura 1. Relación entre emisión de CO_2 y consumo de gasolina en automóviles (datos obtenidos de la información aportada por los fabricantes).

3. CASOS Y CUESTIONES SOBRE ASPECTOS DE LA VIDA COTIDIANA

En este apartado se resumen una serie de casos y cuestiones que los autores de este trabajo han elaborado para que los alumnos discutan ciertos aspectos relacionados con diferentes ámbitos de la vida cotidiana.

– Noticias de prensa. Se trabaja con implicaciones del tipo ciencia-tecnología-sociedad, imagen social de la ciencia y análisis de errores sobre conceptos científicos[10].

– Distintos tipos de sustancias antipolillas. Se propone a los alumnos que indaguen sobre la composición de los productos antipolilla comerciales, pero también sobre el proceso de sublimación, la presión de vapor de sólidos y la relación entre estructura molecular, enlace químico y propiedades de las sustancias, así como sobre características biológicas de los lepidópteros y protección de materiales textiles[11]. La *figura 2* ilustra las fórmulas de algunas sustancias utilizadas en productos antipolilla.

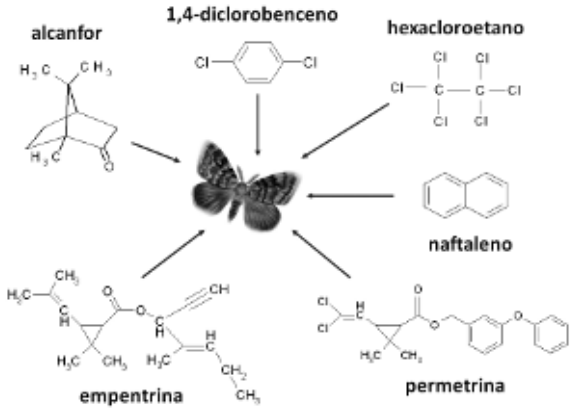


Figura 2. Ejemplos de fórmulas de sustancias empleadas como antipolillas.

– Análisis de sellos con contenido científico. Mediante el análisis de unos sellos concretos, se sugieren preguntas que incluyen aspectos como antecedentes y estructura del sistema periódico, eka-elementos de Mendeleev, química y arte, historia de la química, configuración electrónica, etc.[12,13].

---

[10] PINTO, G. (2004). Análisis de noticias de actualidad para favorecer el proceso de enseñanza y aprendizaje de la química, *Anales de Química*, 100(4), 42-44.

[11] PINTO, G. (2005). Chemistry of moth repellents, *Journal of Chemical Education*, 82, 1321-1324.

[12] PINTO, G. (2007). A postage stamp about the periodic table, *Journal of Chemical Education*, 84, 1919.

[13] PINTO, G. (2011). A postage stamp honoring Marie Curie: an opportunity to connect chemistry and history, *Journal of Chemical Education*, 88, 687-689.

– Problema para realizar en retroproyector. Se sugiere la identificación de cuatro sustancias (agua y disoluciones acuosas de carbonato sódico, fenolftaleína y ácido clorhídrico) introducidas en frascos, usando únicamente el contenido de esos recipientes[14].

– Memoria de materiales. Se discute, visualizándolo, en qué consiste la «memoria» que presentan algunos polímeros y aleaciones especiales, y sus aplicaciones[15].

– Volumen total al mezclar dos líquidos. Se proponen a los alumnos ejemplos en los que el volumen total que se obtiene al mezclar dos líquidos no es la suma de los volúmenes para que indaguen sobre la causa de ello[16].

– Razones por las que el agua «salta» sobre aceite caliente y no al revés. Los alumnos deben discutir sobre aspectos relacionados con la densidad de líquidos, composición de aceites, temperatura de ebullición, polaridad, miscibilidad, temperaturas características de aceites (punto de humo y punto de ignición) y forma de afrontar un incendio de aceite[17]. En la *figura 3* se muestra cómo distintos grupos de alumnos explican la cuestión. Este tipo de observaciones permite detectar cómo razonan los alumnos sobre conceptos científicos.

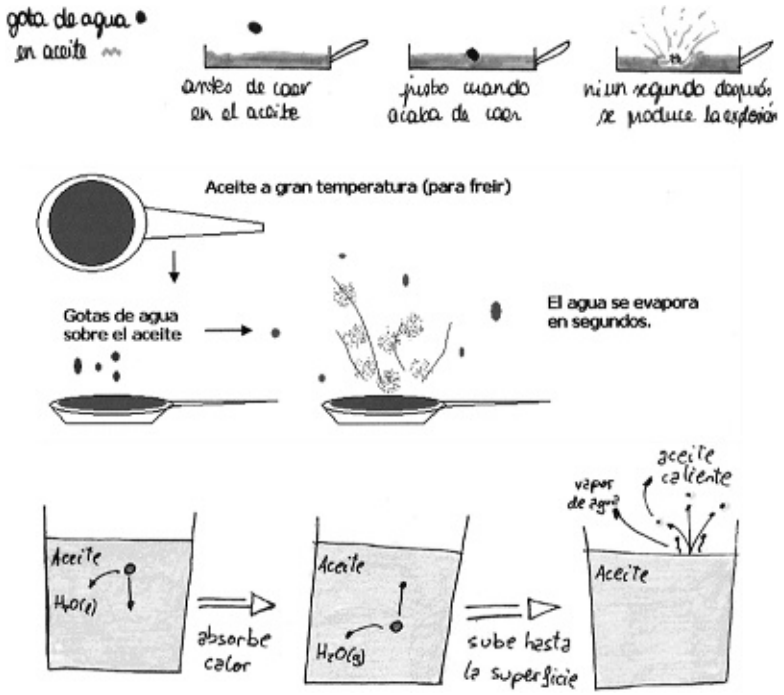


Figura 3. Ejemplos de ilustraciones de los alumnos sobre el efecto de añadir una gota de agua sobre aceite caliente.

– Espectro de la luz blanca. Se indica cómo hacer el espectro de la luz en el aula, de forma sencilla[18].

[14] Martín Sánchez, M.T. y M. (1987). Simple experiment with unknown liquids, *Journal of Chemical Education*, 64, 964.

[15] Martín Sánchez, M.T. y M. (1999). Materiales con memoria, *Anales de Química*, 95(3), 40-42.

[16] Martín Sánchez, M.T. y M. (2003). El volumen total puede no ser igual a la suma de los volúmenes: dos ejemplos para pensar, *Anales de Química*, 99(3), 55.

[17] Pinto, G. Gauthier, C.V. (2009). Spattering and crackle of hot cooking oil with water, *Journal of Chemical Education*, 86, 1281-1285.

[18] Martín Sánchez, M.T. y M. (2004). Dos formas sencillas de obtener el espectro de la luz blanca en el aula, *Anales de Química*, 100(1), 43.

– Formación accidental de cloruro amónico en el laboratorio. Se tratan aspectos como teoría cinético-molecular de los gases, efusión de gases (ley de Graham), cálculo de la velocidad cuadrática media de partículas en gas y seguridad en el laboratorio químico[19].

– Presión atmosférica. Se recogen distintos hechos experimentales en los que queda patente la existencia de la presión atmosférica[20].

4. Estudios experimentales sobre aspectos de la vida cotidiana

Aunque algunos de los aspectos recogidos anteriormente necesitaban de la realización de una breve experimentación, se recogen en esta sección algunos desarrollos experimentales que los autores han diseñado para realizar con sus alumnos.

– Enfriamiento del agua contenido en recipientes de cerámica porosa[21]. Con medidas experimentales de temperatura y masa, se establecieron las ecuaciones que cuantifican la transferencia de materia (por evaporación) y de calor para el agua contenida en un botijo. Si bien estas ecuaciones son adecuadas para alumnos de cursos avanzados de carreras científicas y tecnológicas, los razonamientos básicos son de utilidad para trabajar con alumnos de niveles previos, sobre aspectos termodinámicos, pero también sobre otros como climatología, tipos de cerámica, etc. Por ejemplo, recientemente, se desarrolló una metodología para la evaluación de diagnóstico de segundo curso de la ESO, en Castilla-La Mancha, en relación a la competencia de resolución de problemas, basada en este fenómeno[22].

– Pintando con tierras de Madrid. Se sugiere la utilización de tierras recogidas en dos zonas de la provincia de Madrid para utilizarlas como pigmentos[23].

– Enlace químico. Se muestran experimentos y hechos relacionados con el enlace químico de las sustancias[24].

– Árboles metálicos sin baterías. Se comprueba que unos metales son capaces de desplazar a otros de sus compuestos formando cristales que al ser ramificados se conocen como «arboles metálicos». Los nombres de los árboles (Diana, Saturno, etc.) permiten buscar una relación con la mitología o la historia[25].

– Obtención de cristales. Los alumnos muestran interés en que las clases de química terminen con un trabajo de tipo experimental; uno que les suele llamar mucho la atención es la formación de cristales, trabajo que sirve para que aumente su interés por la ciencia. Se proponen distintas formas de obtener cristales y cómo comprobar la influencia del medio en su forma[26].

---

[19] PINTO, G. (2003). Making experimental connections, *Education in Chemistry*, 40, 80-81.

[20] MARTÍN SÁNCHEZ, M. y M.T., MORCILLO, J.G. (2005). Trabajos de tipo experimental relacionados con el tema presión atmosférica para trabajar con alumnos de primaria y secundaria, *Anales de Química*, 99(1), 69-72.

[21] PINTO, G. (2011). Enfriamiento del agua contenida en un botijo. Recuperado el 22 de junio de 2012, de http://quim.iqi.etsii.upm.es/vidacotidiana/botijo.htm

[22] Prueba de diagnóstico (en Castilla-La Mancha) sobre resolución de problemas. Recuperado el 22 de junio de 2012, de http://tareasintegradasvdc.wikispaces.com/file/view/UdE+ESO+-+La+ecuacion+del+botijo.pdf

[23] MARTÍN, M., LORENTE, T., MORCILLO, J.G. (1998). Pintando con las tierras de Madrid, *Química e Industria*, 45, 306-308.

[24] MARTÍN SÁNCHEZ, M.T. y M., MORCILLO, J.G. (2004). Hechos y trabajos experimentales relacionados con el tipo de enlace químico de las sustancias para alumnos de niveles no universitarios, *Anales de Química*, 100(3) 54-57.

[25] MARTÍN SÁNCHEZ, M.T. y M. (2002). Metallic trees without batteries, *Chem 13 News* (Canadá), 300, 31.

[26] MARTÍN SÁNCHEZ, M., MORCILLO, J. G., REYERO, C., MARTÍN SÁNCHEZ, M.T., GARCÍA, E. (2008). Obtención de cristales en niveles no universitarios, *Anales de Química*, 104(3), 215-219.

– Obtención de cristales a partir de productos de la vida diaria. Partiendo de tierra de jardín, de la aspirina y del té se consiguen cristales de alumbre, ácido salicílico y teína[27].

– Electrólisis de una disolución acuosa de cloruro de estaño(II). Los estudiantes pueden comprobar cómo se rompe un enlace metálico y cómo se forma otro haciendo la electrólisis de una disolución acuosa del cloruro de estaño (II) con un ánodo de estaño. Además, aplican el principio de Le Châtelier[28].

– Estudio teórico y experimental de las reacciones de combustión. Se comprueba, utilizando el mechero Bunsen, la importancia de que el combustible y el comburente estén bien mezclados para que la combustión sea completa y no se produzca monóxido de carbono. Los alumnos comprueban que los metales arden formando óxidos[29].

– Reacciones de transferencia de electrones. Se comprueban experimentalmente algunas relaciones entre química y biología con las reacciones redox[30].

– Corazón oscilante de mercurio. Se estudian las oscilaciones producidas sobre una gota de mercurio por la variación de la tensión superficial cuando se carga eléctricamente (fundamento de la polarografía)[31].

– Reacciones químicas que producen luz. Se analizan distintas posibilidades de obtener «luz fría» y sus aplicaciones en la vida diaria[32].

– Reacciones endotérmicas. Se muestran ejemplos de experimentos de reacciones endotérmicas y su aplicación a lo largo de la historia[33].

– Catálisis. Se discuten ejemplos experimentales relacionados con la catálisis, precedidos de un breve estudio histórico[34].

– Cromatografía. Se realizan experimentos sencillos sobre esta técnica[35].

– Variación de la velocidad de hidratación de legumbres con la temperatura y la concentración salina. Los alumnos estudian cuantitativamente este fenómeno, para lo que tienen que practicar aspectos como medida de masa, representación gráfica de datos, cálculo de pendientes de rectas y cálculo de energía de activación. Además, se razona sobre aspectos como ósmosis y difusión de líquidos a través de membranas[36]. En la *figura 4* se muestran resultados típicos obtenidos por alumnos.

---

[27] Martín Sánchez, M., Morcillo, G., Martín Sánchez, M.T. (2005). Obtención de compuestos químicos cristalizados a partir de productos de uso cotidiano, *Anales de Química*, 101, 44-46.

[28] Martín Sánchez, M. (1988). Experimental work with Tin(II) Chloride in a High School, *Journal of Chemical Education*, 65, 898.

[29] Martín Sánchez, M.T. y M. (1999). Estudio teórico experimental de reacciones de combustión con alumnos de ESO, *Anales de Química*, 95(1), 48-53.

[30] Martín Sánchez, M., García, M.A., Martín Sánchez, M.T. (2000). Estudio teórico-experimental de fenómenos de transferencia de electrones en Química y Biología con alumnos de bachillerato, *Anales de Química*, 96(2) 38-47.

[31] Martín Sánchez, M.T. y M. (2010). Corazón oscilante de mercurio, *Anales de Química*, 106, 304-310.

[32] Martín Sánchez, M.T. y M. (2001). Luz fría. Trabajos experimentales sencillos, *Anales de Química*, 97(4), 37-42.

[33] Martín Sánchez, M.T. y M. (2002). Estudio experimental de reacciones endotérmicas, *Anales de Química*, 98(4), 36-39.

[34] Martín Sánchez, M.T. y M. (2009). Estudio histórico-experimental de catálisis en enseñanza secundaria, *Anales de Química*, 105, 120-125.

[35] Martín Sánchez, M.T. y M. (2003). Cromatografía en el aula con alumnos de ESO, *Anales de Química*, 99(3), 56-57.

[36] Pinto, G., Esin, A. (2004). Kinetics of the osmotic hydration of chickpeas, *Journal of Chemical Education*, 81, 532-536.

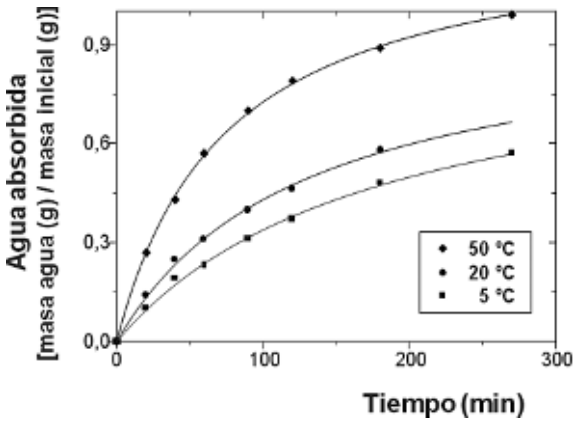


Figura 4. Variación de masa en garbanzos sumergidos en agua.

– Calentamiento de bebidas por procesos químicos. Se trabajan aspectos como calor de disolución, energía de reacción, medida de temperatura, cálculos térmicos, diseño de dispositivos, búsqueda de datos y estequiometría, todo ello en relación a envases de bebidas y alimentos conocidos como «autocalentables»[37,38].

– Efecto de la temperatura en la velocidad de disolución de comprimidos efervescentes. Se estudian el fenómeno de efervescencia, la influencia de la temperatura en la velocidad de disolución y de reacción, y el cálculo de energía de activación[39].

5. CONCLUSIONES

Desde el Grupo de Didáctica e Historia de las Reales Sociedades Españolas de Química y de Física, en colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid, se ha desarrollado un sitio web[40] donde se recogen buena parte de estos trabajos, así como los de otros colegas que han participado en la elaboración de publicaciones enfocadas, de forma específica, sobre la enseñanza de la física y la química.

Casi todos los trabajos aquí expuestos se han llevado a cabo con alumnos de tres entornos muy diferentes: de educación secundaria (ESO y Bachillerato), de estudios de formación de profesorado (Magisterio, cursos de perfeccionamiento para docentes y título de Máster) y universitarios de distintas ingenierías. En todos los casos, y adaptados al nivel de cada uno, se ha observado que este tipo de herramientas que implican aspectos de la vida cotidiana son bien recibidas por los alumnos, al constatar que la física y la química son más tangibles que lo que muchos de ellos pueden pensar a priori. Obviamente, no existe la panacea educativa y siempre hay alumnos cuyo interés tampoco se despierta con estos recursos. Para alumnos aventajados supone un reto adicional, porque muchas de las propuestas abren a su vez, a medida que se van solucionando, nuevos interrogantes.

Unos casos se han trabajado de forma individual por los alumnos, pero otros han sido realizados de forma grupal. Se observa al respecto que son herramientas potentes para facilitar este tipo de trabajo.

---

[37] OLIVER-HOYO, M.T., PINTO, G., LLORENS-MOLINA, J.A. (2009). The Chemistry of self-heating food products, *Journal of Chemical Education*, 86, 1277-1280.

[38] PROLONGO, M.L., PINTO, G., (2010). Las bebidas autocalentables y autoenfriables como recursos para un aprendizaje activo, *Educació Química,* 7, 4-14.

[39] PINTO, G. (2000). Experimenting with a fizzy tablet, *Education in Chemistry*, 37, 71.

[40] Didáctica de la química y vida cotidiana. Recuperado el 22 de junio de 2012, de http://quim.iqi.etsii.upm.es/vidacotidiana/Inicio.htm

Sirven así como recursos para fomentar competencias de trabajo en equipo y otras (investigación, uso correcto de unidades, expresión oral y escrita, creatividad, interdisciplinariedad, etc.).

También cabe destacar que el desarrollo de estas herramientas supone un reto para el profesor: además de elegir el tema de estudio, se plantean cuestiones y formas de abordarlo que no son elementales en muchos casos y requieren esfuerzo y dedicación.

En todo caso, aparte de divulgar lo realizado, se anima a otros colegas a buscar y difundir herramientas de este tipo que permitirán, con seguridad, mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física y la química en los distintos niveles educativos.

Agradecimiento

Se agradece la ayuda recibida por la Universidad Politécnica de Madrid, durante el curso 2011/12, a través del proyecto de innovación educativa «*Enlaces múltiples: la Química en los distintos niveles educativos*».

Didáctica del Reino de los Protistas en la Educación Secundaria

Filomena del Rocío Martín Chaparro
Colegio SEI, Ntra. Sra. de la Concepción – Dpto. de Biología y Geología
C/ Rastrojera, s/n - Navalcarnero- 28609-Madrid
fr.martinc@gmail.com

Palabras clave: *Flash cards*, protistas, blogs, wiki, método deductivo.

Resumen

El Reino de los Protistas es uno de los más olvidados y, por tanto, menos trabajados en la Educación Secundaria.

Esto, junto con que no son fácilmente observables sin una mínima preparación del alumnado, los hace los grandes desconocidos de los cinco Reinos de los Seres Vivos.

El principal objetivo que se pretende con la siguiente actividad es introducir a los alumnos en este maravilloso Reino, con el fin de completar su conocimiento general de los Reinos de los Seres Vivos y así proporcionarles una visión más amplia centrada en la Biosfera.

Para poder lograr dicho objetivo se proponen una serie de ejercicios para que el alumno indague, investigue, observe,… y descubra lo fascinantes que son estos diminutos seres vivos.

Por último, se pretende un desarrollo integral de manera que el alumno tenga una visión global obtenida a través de los recursos educativos disponibles en su entorno.

Dicha propuesta permite a los alumnos trabajar con método y orden para así poder llegar a conclusiones razonadas, basadas en hipótesis previas, como nos enseña a trabajar el método científico que pretendemos inculcarles a nuestros alumnos.

Summary

The Kingdom of the Protists is one of the most neglected and therefore less worked in secondary education.

Prtotist are not readily observable without the slightest preparation of students, makes the great unknown of the five Kingdoms of little organnisms.

The main aim in the next activity is to introduce students to this wonderful paragraph, in order to complete their general knowledge of the Kingdoms of Living Things and thus provide a broader focus on the Biosphere.

To achieve this objective we propose a series of exercises for students to inquire, investigate, observe, discover the fascinating … and it is these tiny beings.

Finally it seeks a comprehensive development so that the students have a global view obtained through the educational resources available in their environment.

This proposal allows students to work with method and order to reach conclusions, based on previous hypotheses, as we learn to work the scientific method we want to instill in our students.

INTRODUCCIÓN

Los Protozoos forman un Reino al que en la Educación Secundaria no se le presta demasiada atención, con referencia al tiempo estimado que se le dedica.

Esto, junto con que no son fácilmente observables sin una mínima preparación del alumnado, los hace los grandes desconocidos de los cinco Reinos de los Seres Vivos.

El principal objetivo que se pretende con la siguiente actividad es introducir a los alumnos en este fascinante Reino, con el fin de completar su conocimiento general de los Reinos de los Seres Vivos y así proporcionarles una visión más amplia centrada en la Biosfera.

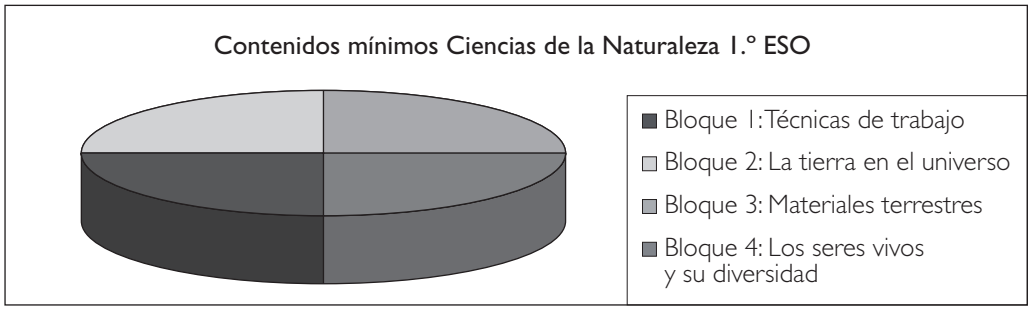
Para poder lograr dicho objetivo se proponen una serie de ejercicios para que el alumno indague, investigue, observe,… y descubra lo fascinantes que son estos diminutos seres.

Por último, se pretende un desarrollo integral de manera que el alumno tenga una visión global obtenida a través de los recursos educativos disponibles en su entorno.

Dicha propuesta permite a los alumnos trabajar con método y orden para así poder llegar a conclusiones razonadas, basadas en hipótesis previas, como nos enseña a trabajar el método científico que pretendemos inculcarles a nuestros alumnos.

¿POR QUÉ DEBEMOS PROFUNDIZAR EN ESTE REINO?

1. Cuando uno le pregunta a una persona cercana, qué es un protozoo, en la mayoría de los casos no sabe contestar. Por lo que podemos opinar que no forma parte del llamado «conocimiento general» (al igual que una bacteria o un animal).
2. Además, algunos alumnos, dependiendo de la rama que elijan, solo los estudiarán en 1.º de ESO en uno de los Bloques que marcan los contenidos mínimos del currículo de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza[1].



Grafica 1. Contenidos mínimos Ciencias de la Naturaleza 1.º ESO.
(*Solo en el Bloque 4 de 1º de ESO, se incluye un tema donde se explican virus, bacterias y seres unicelulares eucarióticos*).

[1] BOCM Núm. 126, martes 29 de mayo de 2007, por el que se establecen para la Comunidad de Madrid los contenidos mínimos del currículo de la Educación Secundaria Obligatoria. p. 52-61.

3. Y por supuesto, hay que añadir, los protozoos tienen suma importancia. Podemos destacar su papel ecológico, médico-sanitario e industrial[2]:

Papel ecológico

1. Productores primarios: Los fitoflagelados (autótrofos) desempeñan un papel en aguas oceánicas y continentales:
   a. Proporcionan oxígeno: En el mar abierto viven las diminutas células fotosintetizadoras que constituyen el primer eslabón de la cadena alimentaria de todos los animales que viven en aguas profundas. Estas células forman el fitoplancton.
   b. Proporcionan materia orgánica: A su vez, el plancton animal se alimenta del fitoplancton; los peces pequeños y algunos peces grandes, así como las ballenas, se alimentan del plancton animal y vegetal. De esta forma, estos organismos forman una «pradera marítima» análoga a los pastos de la tierra, que sirven para alimentar la vida animal, directa o indirectamente.
2. Cadenas Tróficas, diferentes eslabones:
   a. **Productores primarios**, autótrofas (flagelados fotosintéticos. Por ejemplo: *Euglena*).
   b. **Consumidores primarios** (ciliados, amebas).
   c. **Consumidores secundarios**, carnívoros.
   d. **Parásitos** con acción citotóxica (por ejemplo: *Entamoeba*) y otros perjuicios.
   e. **Simbiontes** como dinoflagelados que crecen dentro de células de diversos animales marinos como esponjas, celentéreos, moluscos, planarias, protozoos y corales (= zooxantelas) que construyen los arrecifes coralinos y les hacen crecer más deprisa.
   f. **Descomponedores**: En los suelos, desintegrando la materia orgánica en sustancias que pueden utilizarse por otros seres vivos.
3. Formadores de rocas sedimentarias calizas: Las conchas de foraminíferos al acumularse se compactan y cementan formando dichas rocas.
4. Indicadores de contaminación de aguas estancadas o descontaminantes. Cada uno de estos organismos es capaz de vivir y desarrollarse bajo determinadas condiciones, por lo que la presencia o la ausencia de estos organismos acuáticos es una característica de la calidad del agua.

Papel médico-sanitario

1. **Tóxicos**: dinoflagelados (pirrofitas) que al crecer a altas densidades generan la llamada marea roja provocando mortandad de peces e intoxicación a quienes consumen moluscos.
2. **Patógenos**: Especies que provocan enfermedades: *Giardia lamblia* (giardiasis), *Entamoeba hystolitica* (disentería amibiana), *Tripanosoma cruzi* (enfermedad de Chagas), *Trichomonas vaginalis* (tricomoniasis), *Plasmodium vivax* (paludismo o malaria), *Toxoplasma gondii* (toxoplasmosis), entre otras.

[2] Tortora, G.J.; Funke, B.R.; Case, C.L. (2007). *Introducción a la Microbiología*. Buenos Aires. Editorial Panamericana, p. 98, 345, 387.

INDUSTRIAL

1. **Tratamiento de aguas residuales**: los principales microorganismos usados para esta actividad son los ciliados, amebas y flagelados.
   a. Se alimentan de bacterias.
   b. Otros son esenciales en las operaciones de procesos de tratamientos biológicos y en la purificación de efluentes, pues mantienen el equilibrio natural acuático.
   c. Bioindicadores del estado de funcionamiento de las depuradoras de aguas residuales, destacando en la detección y prevención de variaciones en la continuidad de los procesos.
2. **Fósiles índice**: los fósiles de foraminíferos (sarcodinos) son importantes en la localización de «bolsas» en las que se puede encontrar petróleo.
3. **Fuente de abono** en la agricultura:
   a. Hacen funcionar los ciclos importantes de carbono, nitrógeno, fósforo y azufre en el suelo.
   b. Ayudan a formar materia orgánica.
   c. Impiden el crecimiento de malas hierbas.

¿CÓMO PODEMOS DARLE RELEVANCIA Y AFIANZAR DENTRO DE LOS ALUMNOS ESE CONOCIMIENTO?

Utilizando el Método deductivo, hacerles partícipes del aprendizaje por descubrimiento. Este método, utilizado para construir el conocimiento desde los conceptos particulares hasta llegar a los más generales, les hace trabajar de manera similar al método científico, en el que partiendo de hipótesis podemos generar leyes[3].

Si nuestros alumnos aprenden así, su aprendizaje será significativo además de duradero, por tanto los conocimientos serán a largo plazo y formarán parte de ellos.

¿Y ESTO CÓMO PODEMOS HACERLO?

Hay por supuesto multitud de formas aplicables no solo al aprendizaje de este Reino que nos ocupa, sino de cualquier conocimiento que deseemos transmitir.

Si nos centramos en el tema que nos ocupa, podemos dividir la UNIDAD en tres fases: inicial, de desarrollo y final o de evaluación.

(Podríamos hacer numerosas actividades, aquí destacaremos dos en cada Fase por evitar extendernos demasiado.)

INICIAL

– Cuaderno de vocabulario. Buscar palabras clave utilizando varios recursos como biblioteca o sala de informática. Estas palabras pueden ser: unicelulares, microscópicos, eucariotas, heterótrofos, autótrofos… Basadas en las características fundamentales del Reino. Con estos conceptos podemos realizar un glosario de términos básicos.

---

[3] VEGLIA, S. (2007). *Ciencias naturales y aprendizaje significativo*. Buenos Aires. Ediciones novedades educativas, p. 107-137.

– Contenedor de Verdadero/Falso. En la Pizarra Digital: la actividad puede versar sobre «Las características que diferencian a los protozoos». Consistiría en realizar un contenedor con la foto de un protozoo y poner palabras a su alrededor que definan o no las características de los protistas y que al arrastrarlas a la imagen, solo se queden dentro las que les correspondan.

Desarrollo

– Explicar la teoría mediante Power Point, rotafolios, vídeos explicativos. Siempre procurando destacar los rasgos característicos de cada grupo. Importante es acompañar dicha explicación con esquemas rotulados y fotografías reales. Esto les ayudará a profundizar en su conocimiento.

– Realizar la práctica de laboratorio de Cultivo de Protozoos en Agua Dulce para su estudio *in vivo*. Consiste en trabajar sobre una muestra de agua dulce, preferiblemente de una charca o estanque, con agua no tratada. Añadiremos un poco de paja o algunos granos de trigo,… e iremos observando y realizando un informe de los tipos encontrados[4].

Fase final o evaluación

Podemos realizar múltiples actividades como:

– *Flash cards* a modo de visu.

– Cartel-mural explicativo sobre el tema desarrollado realizado por los alumnos.

– Crucigramas http://contenidos.proyectoagrega.es//repositorio/27012010/fb/es_20070518_3_0030800/oa06_protozoos/contenido/act10.htm

– *Webs quest*,…

– Proyecto Biosfera: http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1ESO/clasica/actividades/act11a.htm

– Proyecto Agrega: http://contenidos.proyectoagrega.es//repositorio/27012010/fb/es_20070518_3_0030800/oa06_protozoos/contenido/act9.htm

Trabajos de investigación bibliográfica o exposiciones realizadas por alumnos:

– El tripanosoma: http://contenidos.proyectoagrega.es/visualizador-1/Visualizar/Visualizar.do?idioma=es&identificador=es_20070518_3_0030800&secuencia=false#

Conclusiones

Como hemos comentado, estas fases del método deductivo son probablemente aplicables a la mayoría de las unidades didácticas que trabajamos, pues la didáctica de las Ciencias de la Naturaleza se presta a ello al tomar como referencia el método científico.

Por supuesto, es importante adaptar el contenido de este Reino al curso al que se vaya a aplicar, avanzando en dificultad con dicho curso escolar. No se explicará con la misma profundidad a los alumnos de 1.º ESO que a los de Bachillerato.

Finalmente, es cierto que los temarios son muy apretados, pero merece la pena empapar el «saber popular» con estos pequeños organismos y que la adquisición del conocimiento sea significativo y, por tanto, perdurable en el tiempo.

[4] Olivas, E. (2004). *Manual de Prácticas de Microbiología y Parasicología*. Ciudad Juárez. Editorial UACJ, p. 82-86.

Los progresos de la ciencia y su presencia en la educación

La importancia de los polímeros en la educación de las ciencias: actividades de divulgación para su enseñanza

Natalia Mayordomo, Thais Carmona, Janire Peña-Bahamonde
y María José González-Álvarez
Dpto. Química Física. Edificio de Farmacia
Universidad de Alcalá
28871, Alcalá de Henares, Madrid
mjose.gonzalezalvarez@gmail.com

Palabras clave: Macromoléculas, polímeros, plásticos, actividades de divulgación, experimentos prácticos.

Keywords: Macromolecules, polymers, plastics, outreach activities, hands-on experiments.

Resumen

En este trabajo se pretende resaltar la importancia de los polímeros en la educación de las ciencias debido a su gran presencia, versatilidad y utilidad, tanto en la naturaleza como en los materiales sintéticos. Actualmente este tipo de moléculas juega un papel muy importante en nuestras vidas, por lo que se propone una serie de actividades de divulgación de fácil preparación para incorporar en los cursos de Educación Secundaria y Bachillerato.

Abstract

This paper aims to highlight the importance of polymers in science education because of its wide presence, versatility and usefulness, both in nature and in synthetic materials. Currently, this type of molecules plays an important role in our lives. This is why we propose a series of outreach activities that are easy to prepare and to incorporate in the Secondary Education courses.

1. Introducción

Dentro de la química, el estudio de los polímeros ocupa un papel fundamental, debido a la importancia de estas moléculas, no solamente en aplicaciones tecnológicas punteras y en el desarrollo de nuevos materiales, sino también en nuestro día a día, constituyendo la mayoría de objetos que nos rodean (tejidos sintéticos, material escolar, informático, deportivo, etc.). Además, hay que destacar que estas moléculas no son solo los «plásticos» que todos conocemos, sino que también están presentes en nuestra vida formando parte de nosotros mismos y del resto de los seres vivos, siendo -por ejemplo- las proteínas

que forman nuestros músculos, la celulosa de los árboles, la lana o el algodón; incluso la molécula más importante de la vida, el ADN, que contiene toda la información genética, es un polímero. El comportamiento y estructura de estas moléculas es un factor esencial que contribuye al funcionamiento de los sistemas vivos, siendo también fundamental su estudio en el área de la Biología.

Aunque el campo de los polímeros continúa en pleno crecimiento, su incorporación en la educación de las ciencias ha quedado relegada a un segundo plano. Como consecuencia, existe una necesidad inmediata de encontrar nuevas formas de incorporar material moderno que esté relacionado con los polímeros en la enseñanza, para estimular y captar la atención de los estudiantes de instituto en torno a este tema. Por ello, planteamos una serie de actividades para que los alumnos puedan aprender las propiedades y conocer las estructuras de estos sistemas, a la vez que sean capaces de identificarlos.

2. ¿QUÉ SON LOS POLÍMEROS? IMPORTANCIA Y ANTECEDENTES

Los polímeros son macromoléculas formadas por la unión covalente de moléculas más pequeñas llamadas monómeros. La gran variedad de monómeros, iguales o diferentes, que pueden formar las cadenas, genera un gran abanico de polímeros con las más diversas propiedades y aplicaciones.[1]

Los polímeros han existido y han sido empleados por la humanidad desde siempre[2]. Las pieles de animales, la madera, las fibras naturales (como la lana, el lino, la seda, etc.) han estado presentes en la vida cotidiana del ser humano desde las civilizaciones más antiguas y en cualquier punto del planeta. En la época de los egipcios ya se empleaban resinas y fibras para embalsamar a sus muertos y el comercio de la seda fue esencial en el desarrollo de las antiguas dinastías chinas.

Durante miles de años, los polímeros de los que disponía el hombre tenían su origen en la naturaleza, pero en el siglo XIX se produjo el descubrimiento y el desarrollo de los *polímeros sintéticos*, polímeros realizados por el ser humano. Thomas Hancock y Charles Goodyear realizaron los primeros ejemplos de modificación química de polímeros naturales. De forma paralela y prácticamente a la vez (con 8 semanas de diferencia) patentaron el proceso de vulcanizado, que consistía en añadir azufre al caucho natural haciendo que este tuviera mejores propiedades: fuera más resistente, impermeable y duro. Los nombres de estos dos inventores son muy familiares a los estudiantes y hacen que los identifiquen y relacionen rápidamente con empresas de neumáticos, objetos obtenidos por este proceso y vinculados con el mundo de los polímeros.

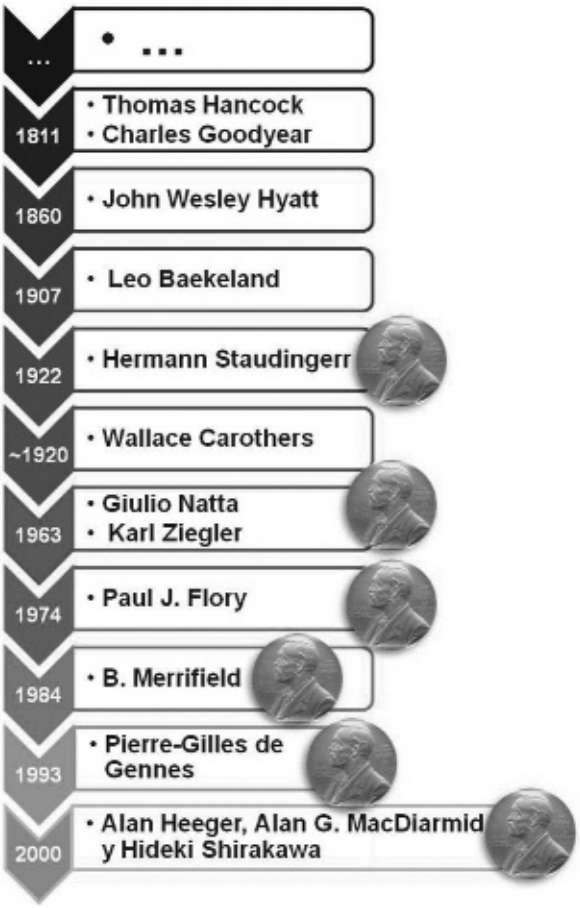


Figura 1. Línea del tiempo sobre la historia de los polímeros.

[1] HORTA ZUBIAGA, A. (1982). *Macromoleculas*, Madrid, UNED, pp 9-16.

[2] KLOOSTER, J. W. (2009). *Icons of Invention*, Santa Bárbara, California, Ed. Greenwood, p. 462.

Otro hecho de la historia también llamativo para los alumnos es la modificación química de la celulosa por John Wesley Hyatt.[3] Una compañía de billares de Nueva York organizó un concurso para desarrollar materiales alternativos para la fabricación de bolas de billar. Aparentemente, este hecho no parece muy importante salvo porque, en esta época, las bolas de billar se fabricaban con marfil lo que hacía que fuera un juego especialmente caro. Hyatt se presentó al concurso con un material realizado con algodón, ácido nítrico y alcanfor fabricando lo que se denomina nitrocelulosa o *celuloide*. Es curioso mencionar que, debido a su naturaleza, se dice que tales bolas de billar explotaban en algunas ocasiones. Hyatt no ganó este concurso, pero las aplicaciones de este nuevo polímero sintético fueron muy grandes. Hay que destacar que el mundo del cine se define como celuloide, dando idea de la gran repercusión de este material para la fabricación de carretes de fotografía y películas.

A partir de estos acontecimientos el desarrollo de nuevas propiedades y aplicaciones de polímeros no ha hecho más que crecer de forma exponencial. Desde 1922 se han concedido 6 premios Nobel a descubrimientos relacionados con los polímeros, el último en el año 2000 por el desarrollo de los polímeros conductores.[4] Esto nos da idea de la gran importancia y repercusión que tienen estos materiales en nuestra sociedad.

Existe una inmensa diversidad de polímeros diferentes y cada uno de ellos con unas determinadas características. Debido a esta gran variedad, la forma de clasificarlos puede atender a diferentes criterios. Se pueden clasificar según razones puramente químicas, por su estructura o su composición, es decir, si los monómeros que se repiten son iguales o diferentes, cuál es su naturaleza, si forman cadenas lineales, ramificadas o entrecruzadas, etc. También se pueden diferenciar atendiendo a sus propiedades, tales como su comportamiento frente al calor o a los disolventes. Sin embargo, uno de los criterios más sencillos para clasificarlos es su origen, que puede ser natural o sintético. Son polímeros naturales aquellos que proceden del reino animal o vegetal. En este grupo se encontrarían los polisacáridos, las proteínas, los ácidos nucleicos (ADN y ARN), etc. Los polímeros sintéticos, que son los que comúnmente se denominan *plásticos*, son sintetizados en un laboratorio en busca de unas propiedades concretas para una aplicación determinada. Entre ellos encontramos los polietilenos, poliestirenos, polipropilenos, poliacrilatos… entre otros.

3. Impacto en la educación

El alumnado no puede concebir la vida como actualmente se desarrolla en ausencia de polímeros, pero a pesar de esta «sobreexposición» y aunque el temario relacionado con polímeros abarca las áreas de conocimiento de química y biología, la presencia de este tema en el material didáctico es muy escasa.

Hemos realizado un estudio representativo tomando los libros de Secundaria y Bachillerato relacionados con las ciencias de un instituto de la Comunidad de Madrid[5] y analizamos el porcentaje de páginas relacionadas con el tema de polímeros (*Figura 2*). Los resultados obtenidos mostraron que en 1.º y 2.º de ESO no se hace alusión a este tema. En 3.º y 4.º de ESO aparecen conceptos relacionados con la materia, por ejemplo, en Biología y Geología de 3.º de ESO se introducen los conceptos de glúcido, ácidos nucleicos y proteínas, que en cursos posteriores se irán ampliando. En Física y Química de 4.º de ESO se

[3] Freinkel, S. (2011). *Plastic: a toxic Love Story*, Nueva York, Houghton Mifflin Harcourt, p.15.

[4] Sede web oficial de los Premios Nobel, www.nobelprize.org.

[5] Libros consultados para el estudio: Gil, C. *et al.* (2010), *1.º ESO Ciencias de la Naturaleza. Proyecto Conecta 2.0*, España, Ediciones SM. Gil, C. *et al.* (2010); *2.º ESO Ciencias de la Naturaleza. Proyecto Entorno*, España, Ediciones SM. Puente, J. (2007), *3.º ESO Física y Química*, España, Ediciones SM. Pedrinaci, E. *et al.* (2010), *3.º ESO Biología y Geología. Proyecto2.0*, España, Ediciones SM. Viguera Llorente, J. Á. *et al.* (2008), *4.º ESO Física y Química*, España, Ediciones SM. Pedrinaci, E. *et al.* (2010), *4.º ESO Biología y Geología. Proyecto Entorno*, España, Ediciones SM. Barberá, P. (2008), *1.º Bachillerato Física y Química,* España, Ed. Edebé. Pedrinaci, E. *et al.* (2010), *1.º Bachillerato Biología y Geología,* España, Ediciones SM. García Pozo, T. (2009), *2.º Bachillerato Química,* España, Ed. Edebé. Alcami, J. *et al.* (2009), *2.º Bachillerato Biología*, España, Ediciones SM.

dedica un único apartado de un tema a definir qué son los polímeros, así como a describir ciertos ejemplos de este tipo de materiales y explicar algunas de sus propiedades.

En Bachillerato solo se habla de polímeros en el 2.º curso, sobre todo en la asignatura de Química, en la que se dedica un tema completo a los polímeros, definiendo perfectamente qué son, qué es una macromolécula, desarrollando todos los tipos de clasificación, así como las propiedades que presentan. Por otro lado, a pesar de que en Biología de 2.º de Bachillerato el contenido sobre polímeros parece muy elevado, esto se debe a que hay muchos temas relacionados con el ADN: replicación, transcripción, división celular, ingeniería genética, leyes de Mendel, etc., que están íntimamente relacionados con esta especie polimérica, pero que en realidad no se encuadran en un tema dedicado a polímeros de forma general, e incluso en algunos casos ni se define al ADN como un polímero.

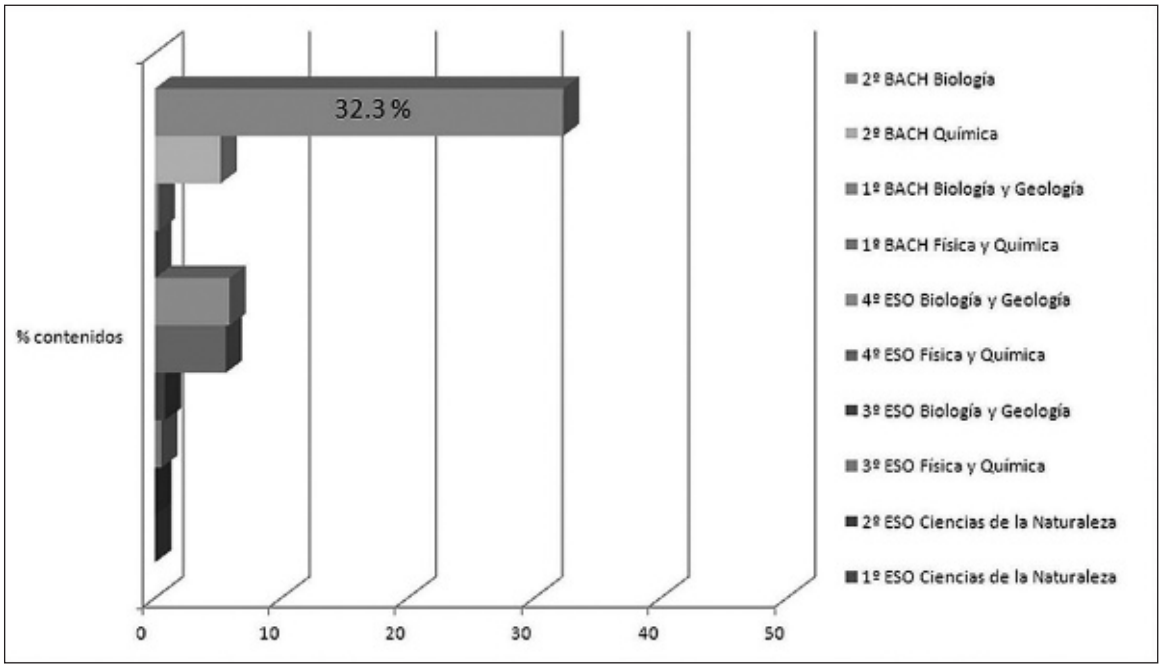


Figura 2. Porcentaje de páginas relacionadas con el tema de polímeros en función de la materia y curso.

Debido a la falta de tiempo para impartir toda la materia presente en los libros, los temas que se centran en la definición y desarrollo de polímeros quedan relegados a un segundo plano y en la mayoría de los casos no se llegan a cubrir. Para animar y promover el conocimiento de este tipo de sistemas, proponemos una serie de actividades para desarrollar en el aula, fáciles de preparar y realizar, con materiales de uso cotidiano, muy accesibles y de bajo coste. Se pueden adaptar a la enseñanza de cualquier nivel, haciendo que el alumno adquiera ideas básicas, si se hace de forma divulgativa a estudiantes de los cursos más bajos, o profundizar más en las propiedades y aplicaciones con un refuerzo más teórico, en cursos superiores.

ACTIVIDADES

SÍMIL ENTRE UN COLLAR DE CUENTAS Y UN POLÍMERO LINEAL

Una forma muy sencilla de representar un polímero es mediante un collar de cuentas formado por un hilo de nailon o lana (otro polímero) y bolas o abalorios unidos una a continuación de otra a igual distancia entre ellas (*Figura 3*).

Un aspecto clave en el aprendizaje de los polímeros es estudiar el comportamiento que presentan ante determinados estímulos externos. Algunas de estas propiedades pueden resultar asombrosas. Si tomamos el polímero sintético poliacrilamida, que tiene la capacidad de absorber gran cantidad de agua y posee una longitud de cadena extremadamente grande, podemos comprobar que parece que desafía a las leyes de la gravedad. Preparando en un vaso una disolución de este polímero en agua, podemos comprobar que se puede pasar su contenido de un vaso a otro sin necesidad de volcar el contenido del primero. Al inclinar un poco el vaso situado a mayor altura, el polímero adquiere un movimiento «propio», cayendo y adquiriendo poco a poco gran velocidad. Incluso si se mantiene el polímero en equilibrio entre los dos vasos parece que «sube». Se recomienda repetir este proceso varias veces para observar claramente estos efectos.

Un comportamiento similar se produce también con las claras de huevo crudo: si separamos la yema de la clara de unos cuantos huevos e introducimos las claras en un vaso de precipitados se puede realizar esta misma experiencia.



Figura 3. Símil entre un polímero (poliacrilamida con tinte azul) y un collar de cuentas.

La explicación a tan extraño fenómeno «antigravedad» es puramente física. Existen dos motivos por los que este polímero presenta este comportamiento. Por un lado, en este tipo de sistemas donde los monómeros del polímero se encuentran unidos uno a continuación de otro, cuando un monómero se mueve en una determinada dirección y velocidad, el monómero vecino va a seguir su movimiento en la misma dirección y velocidad por el hecho de estar unido a él, el siguiente va a seguir al segundo y así sucesivamente. Pero además, no solamente existe una única cadena en la disolución sino que hay miles o incluso millones de ellas. Por este motivo, las cadenas no se encuentran independientes unas de otras en disolución, sino que normalmente están enmarañadas, de modo que cuando una de ellas se mueve, arrastra a todas las demás que se encuentran cerca.

Diferente comportamiento frente a varios disolventes

En esta actividad vamos a estudiar qué propiedades presentan los polímeros frente a distintos disolventes. Para ello observamos qué le ocurre al poliestireno expandido cuando se le añaden tres disolventes tan diferentes como son el agua, la acetona y el tolueno, tal y como indica la *Figura 4*.

El poliestireno expandido (comúnmente llamado *poliexpán*) es un material ligero y generalmente blanco, muy usado como material de embalaje y aislante. La acetona se consigue fácilmente en droguerías, ya que se emplea como quitaesmaltes. El tolueno es un disolvente habitual en el laboratorio y se puede comprar a través de empresas de reactivos y material de laboratorio.

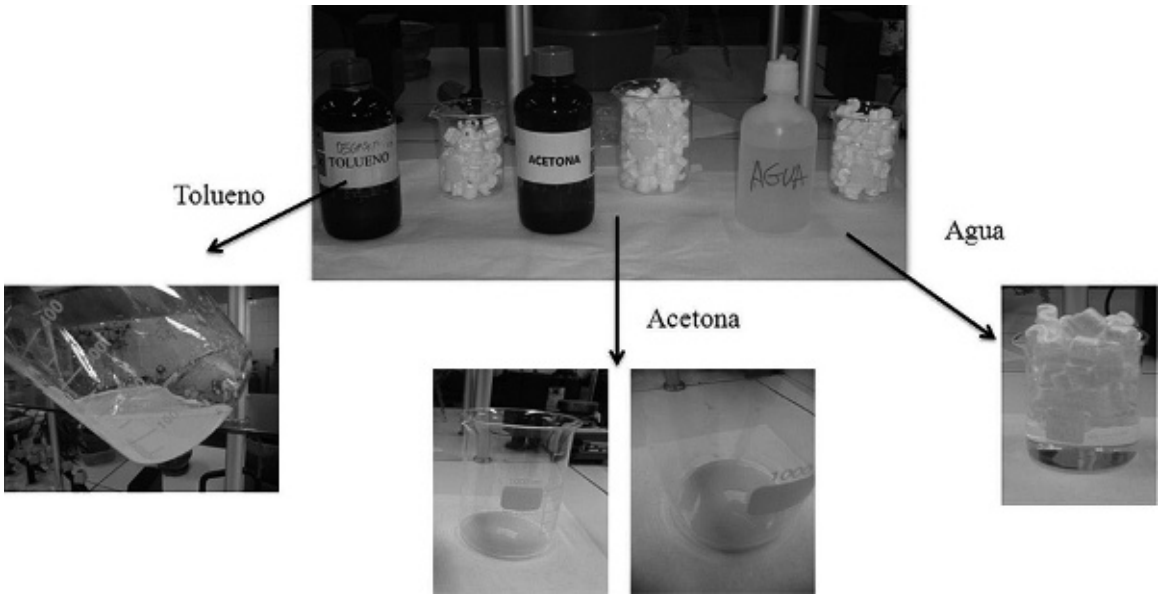


Figura 4. Resultados obtenidos del experimento con poliestireno expandido utilizando los diferentes disolventes.

Cuando sobre un vaso con poliestireno expandido añadimos agua, no se observa ningún cambio en su estructura. El agua es un disolvente incapaz de disolver o cambiar la estructura de este tipo de material. Se dice que el agua es un *mal disolvente* del poliestireno.

Si añadimos acetona, puede observarse cómo el polímero pierde su aspecto inicial, se encoge y se aprecia un burbujeo hasta que finalmente queda el disolvente por un lado y una especie de sólido gomoso por otra. Cuando se fabrica el poliestireno expandido se le inyecta un gas para que este material adquiera un gran volumen con muy poca masa. Al final del proceso este gas es intercambiado por aire. Cuando se le añade la acetona, esta no disuelve el material, sino que lo ablanda y aplasta haciendo que salga el aire que estaba en su interior y produciendo ese burbujeo. El aire escapa y lo que queda es el poliestireno final totalmente empapado de acetona. Se puede concluir, por los resultados obtenidos, que la acetona no disuelve el poliestireno, sino que simplemente lo *moja*. Este experimento es bastante llamativo y recomendamos hacerlo llenando de poliestireno un recipiente transparente o un vaso de precipitados de gran volumen y añadir simplemente un chorrito de acetona. Se observará como rápidamente todo el poliestireno se hunde.[6]

Si empleamos tolueno observamos que el poliestireno se disuelve totalmente. En este caso, al contrario que con la acetona, no podemos distinguir el polímero y lo único que queda es una única disolución viscosa. Así se dice que el tolueno es un *buen disolvente* del poliestireno, ya que es capaz de separar y rodear cada una de las cadenas de este polímero.

Animamos a los profesores a que repartan esta actividad entre los alumnos y que sean ellos lo que analicen y comprueben las diferencias entre mal disolvente, buen disolvente, hinchado y disuelto.

CAMBIO DE PROPIEDADES: ENTRECRUZANDO POLÍMEROS CON COLA DE CARPINTERO Y BÓRAX

Es posible realizar el entrecruzamiento de polímeros de cadena lineal añadiendo una molécula que actúe como entrecruzante, produciendo cambios en la estructura y confiriendo al polímero lineal unas propiedades diferentes.

[6] VV.AA. THE ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY (2002). *Experimentos de Química Clásica,* Madrid, Editorial Síntesis, pp. 124-125.

El alcohol polivinílico (PVA) es un polímero de cadenas largas lineales que se caracteriza por ser uno de los pocos polímeros solubles en agua. El tetraborato de sodio ($NaB(OH)_4$) es una sal que se disuelve en agua dando iones Na^+ y iones tetraborato $[B(OH)_4]^-$.[7,8]

Cuando añadimos a una disolución de PVA una pequeña cantidad de tetraborato de sodio, este actúa como agente entrecruzante uniendo las largas cadenas de PVA mediante enlaces de hidrógeno y al mismo tiempo aprisionando las moléculas de agua que existen en disolución. Esto produce un polímero entrecruzado que se encuentra hinchado por el agua, confiriendo un aspecto de sólido-gel.

Esta experiencia se puede realizar con cola de carpintero (que contiene PVA), y bórax (compuesto por tetraborato de sodio) que se puede comprar en droguerías, farmacias o supermercados. Dependiendo de las cantidades que se añadan de cada uno de los componentes, se obtendrá un polímero más o menos elástico: cuanto mayor sea el contenido de agente entrecruzante, más duro quedará el polímero final.

Utilizando propiedades: demostración del comportamiento de los hidrogeles

Los hidrogeles son materiales poliméricos entrecruzados de forma tridimensional. Estos pueden ser de origen natural o sintético. Su principal característica es que en presencia de disolventes, como el agua, pueden absorber varias veces su volumen hinchándose sin llegar a disolverse. Esto es debido a sus características estructurales, ya que las cadenas poliméricas se encuentran entrecruzadas y no se pueden separar en presencia de disolventes, actuando como verdaderas redes moleculares.

Gracias a esta capacidad de absorción, retención y liberación son muy útiles en muchos campos, como la medicina, la agricultura o, incluso, en la alta cocina cambiando la textura de muchos alimentos.

Los hidrogeles suelen ser polímeros acrílicos. Se pueden adquirir fácilmente cortando una compresa o un pañal por la mitad y recogiendo ese polvo que se encuentra en su interior, generalmente incoloro o de color blanco. Si añadimos agua, se puede observar cómo se hincha y que el agua queda totalmente retenida en él. También se pueden adquirir directamente hidrogeles en la sección de jardinería de cualquier supermercado o bazar. Vienen en forma de pequeñas bolitas y es muy sorprendente ver cómo aumentan varias veces su volumen después de dejarlos en agua durante varias horas, como se observa en la *Figura 5*.

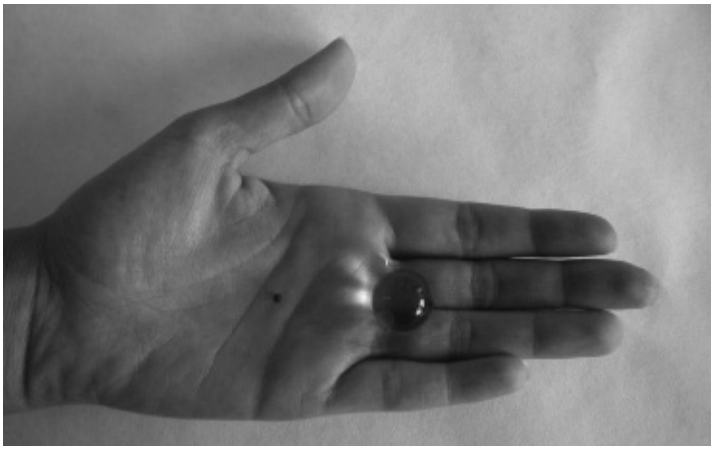


Figura 5. Hidrogel empleado en jardinería antes (esfera pequeña de la izquierda) y después (esfera de la derecha) de sumergirlo en agua.

7 De Zea Bermudez, V.; Passo de Almeida, P.; Féria Seita, J. (1998). How to learn and have fun with Poly(Vinyl Alcohol) and white glue. *Journal of Chemical Education*, 75, 1410-1418.

8 Casassa, E.Z.; V.; Sarquis, A.M.; Van Dycke, C.H. (1986). The gelation of polyvinyl alcohol with borax. *Journal of Chemical Education*, 63, 57-60.

RECURSOS DE INTERNET CON POLÍMEROS NATURALES Y SINTÉTICOS

En este apartado recogemos algunas páginas web que pueden ser especialmente útiles para el desarrollo de estas actividades:

- www.stevespanglerscience.com muestra experimentos muy curiosos con vídeos y materiales que se pueden comprar a través de la propia página.
- pubs.acs.org/journal/jceda8 página web de la revista *Journal of Chemical Education* con actividades relacionadas con el mundo de la química en general, para cualquier nivel y para realizar en el laboratorio, aula, etc. Recomendamos el artículo:

  – TARAZONA, M. P.; SAIZ, E. (1990). Happy Polymer Party! *Journal of Chemical Education*, 67, 238-240.
- www.sciencebob.com/index.php con ideas, vídeos y experimentos relacionados con diferentes campos de la Química.
- www.pslc.ws/macrog/kidsmac/index.htm ejemplos y actividades de polímeros centradas para la enseñanza en niños.
- www.scienceexperimentsforkids.us/dna-experiments-for-kids/ experimentos con ADN para niños.
- www.pslc.ws/macrog/demos/index.htm demostraciones y experimentos relacionados con la ciencia de los polímeros.
- www.accreditedonlinecolleges.com/blog/2010/kitchen-chemistry-100-cool-food-science-experiments-for-kids-and-cooks/ experimentos que se pueden realizar con comida.
- http://biomodel.uah.es/ enciclopedia muy completa de modelización molecular de biopolímeros para desarrollar experimentos virtuales.

CONCLUSIONES

El continuo crecimiento en el campo de los polímeros ha hecho que los educadores se enfrenten al reto de encontrar formas innovadoras de introducir estos materiales en el contexto del plan de estudios de la enseñanza secundaria. A pesar del uso común de los polímeros, la incorporación como material académico ha quedado relegada a un segundo plano. Aprovechando la «alta exposición» de los estudiantes a este tipo de materiales, creemos que este tema se puede incluir con gran éxito en la enseñanza de las ciencias. Esta propuesta didáctica recoge ejemplos rápidos, fáciles de preparar y realizar en clase relacionados con el aprendizaje de los polímeros. Llevar a cabo experiencias prácticas que demuestren principios teóricos relacionados con la ciencia de los polímeros es altamente favorable en la educación de los estudiantes y se puede adaptar a la enseñanza de cualquier curso, ya que se pretende que sean muy visuales y que el alumno adquiera de forma inmediata una idea sobre las propiedades y características de estos materiales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la financiación de la Comunidad de Madrid y la Universidad de Alcalá (proyectos GC2011-002 y UAH2011/EXP-036). A los profesores Francisco Mendicuti Madrid y Pilar Tarazona Lafarga por su apoyo y consejos, y a Guadalupe Ramos Caicedo y Ángel Herráez Sánchez por su estímulo en la realización de este proyecto. A María Cruz Álvarez Bardón por el material didáctico y la ayuda brindada.

Un estudio Delphi para descubrir cómo intensificar, mejorar y popularizar la cultura científica en los alumnos de Secundaria y Bachillerato

Elena Charro, Ángela Gómez-Niño, Susana Plaza, Yolanda Padilla

Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación y Trabajo Social. Campus Miguel Delibes - Universidad de Valladolid. Paseo de Belén, 1. 47011 Valladolid
echarro@dce.uva.es

Palabras clave: Enseñanza Secundaria, técnica Delphi, enseñanza de las ciencias, cultura científica, ciencia, tecnología y sociedad.

Keywords: High School education, Delphi technique, science teaching, science literature, science, technology and society.

Resumen

En este trabajo tratamos de identificar los puntos clave en los distintos campos de las ciencias que pueden mejorar la cultura científica en la sociedad actual. Numerosos autores están de acuerdo en la importancia de mejorar e intensificar la cultura científica en la sociedad en general, y más en particular en los alumnos durante la enseñanza preuniversitaria. Sin embargo, resulta difícil desentrañar qué aspectos fallan en la práctica educativa, así como cuáles se consideran los tópicos de una buena cultura y educación científica. A través del empleo de la técnica Delphi recogemos las opiniones de más de un centenar de individuos pertenecientes a los distintos colectivos relacionados con el ámbito de las ciencias y su enseñanza. En este trabajo presentamos los resultados preliminares de lo que será un estudio más extenso.

Abstract

In this work we try to identify the key points in the various fields of science that can improve the scientific culture in today's society. Numerous authors have agreed on the importance of improving and intensifying scientific culture in society in general, and more particularly among the students before university. However, it is difficult to unravel what fails in educational practice as well as what are the topics of a good culture and science education. Through the use of the Delphi technique we collect the views of more than one hundred individuals belonging to the different groups related to the field of science and teaching. In this paper we present preliminary results of what will be a more extensive study.

Introducción

Son numerosos los estudios que reflejan los bajos resultados de los estudiantes españoles en materias de ciencias, como se puede comprobar en el Informe Pisa 2006 (Bybee *et al.* 2009), motivo por el cual

cabe pensar que habrá factores que condicionan el aprendizaje de las ciencias por parte de los alumnos. En el marco de este escenario surge el proyecto europeo PROFILES (*Professional Reflection-Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education through Science*), recientemente concedido, dentro del Séptimo Programa Marco. Se trata de un proyecto de red cooperativa formada por 21 instituciones pertenecientes a 19 países, entre ellos Alemania, Reino Unido, Irlanda, Portugal, y la Universidad de Valladolid, en España. Este proyecto, entre otros objetivos, pretende llegar a determinar qué aspectos serían de mayor relevancia y deseables para la formación del individuo en la sociedad actual y futura, en el ámbito de la enseñanza de ciencias. Este análisis se lleva a cabo mediante un estudio Delphi (Bolte 2008, Osborne *et al*., 2003).

Linstone y Turoff (1975) afirman que «la técnica Delphi puede ser caracterizada como un método para estructurar un proceso de comunicación de grupo para que el proceso sea eficaz y para permitir que entre un grupo de personas, en su conjunto, pueda tratarse un problema complejo». El método toma su nombre del oráculo de Delfos, un antiguo adivino griego capaz de predecir el futuro, y fue desarrollado en los sesenta (Dalkey y Helmer 1963, Helmer 1966) originariamente como una herramienta para pronosticar probabilidades de inventos, nuevas tecnologías y el impacto social y económico del cambio tecnológico (Adler & Ziglio 1996). Hoy en día, la técnica abarca una amplia variedad de aplicaciones (Cochran 1983, Brooks 1979), desde la determinación de los factores que determinan la calidad de la vida, a través de la planificación de las ciudades, al desarrollo del currículo (Petrina & Volk 1992). Entre las características de la técnica Delphi se incluye que cada participante de forma individual realice una contribución por escrito sobre el tema del estudio y la envíe a un equipo central de investigación.

Esta técnica ha sido ampliamente aplicada en otros ámbitos, como es el de la salud (Villiers *et al.* 2005), pero también es interesante su aplicación en ámbitos educativos (Smith and Simpson 1995, Dailey & Holmberg 1990) y, más concretamente, en relación a la enseñanza de las ciencias (Haussler & Hoffmann 1999).

La técnica de Delphi también puede servir para ayudar a formular recomendaciones en relación con la educación y formación de los profesionales docentes que trabajan en la enseñanza preuniversitaria. Este estudio forma parte de uno más amplio que se lleva a cabo entre varios países de la Unión Europea dentro del proyecto PROFILES, y que pretende encontrar puntos comunes entre las distintas culturas y formas de enseñar ciencias a nuestros jóvenes estudiantes.

Los objetivos de este trabajo por tanto son:

1. describir la metodología Delphi y cómo se lleva a cabo un estudio Delphi para identificar los puntos clave de la enseñanza de las ciencias que sean, a juicio de los participantes, importantes para la cultura científica de los estudiantes de enseñanza Secundaria (ESO) y Bachillerato.
2. presentar los resultados preliminares del estudio Delphi, correspondientes a la primera vuelta y discutir las implicaciones que los hallazgos tienen en la práctica docente de las clases de ciencias.

METODOLOGÍA

La técnica Delphi es un método de recogida de opiniones sobre una cuestión particular. Se basa en la premisa de que la inteligencia combinada mejora el juicio individual y captura la opinión colectiva de un grupo de expertos. El método Delphi convencional utiliza una serie de cuestionarios para generar un conjunto de opiniones. La técnica es a la vez una metodología cuantitativa y cualitativa (Linstone y Turoff, 1975; Critcher y Gladstone, 1998; Murry & Hammons, 1995), dada la estrategia que se sigue a la hora de emitir los cuestionarios y de analizar los resultados.

La primera fase del estudio es la que se presenta en esta comunicación, y consta de dos etapas consecutivas. La primera etapa consiste en realizar una pregunta abierta al encuestado: *¿Qué debería conocer sobre ciencias un estudiante de entre 16 y 18 años en la sociedad actual?* La respuesta debe matizarse según

estos tres aspectos: 1) el enfoque de la enseñanza de las ciencias en cuanto a motivación y contexto, 2) contenidos científicos y estrategias que se proponen y 3) habilidades que deberían conseguirse.

Los cuestionarios son anónimos, aunque la comunicación entre encuestador y encuestado puede tener lugar por correo electrónico, además de personalmente. Los encuestados se seleccionan por su pertenencia a diferentes colectivos relacionados con el ámbito de las ciencias. Los miembros de los colectivos se considera que forman parte de un «panel de expertos», y se han establecido 5 grupos, que son:

1. estudiantes de ESO y Bachillerato que cursen asignaturas de ciencias,
2. profesorado preuniversitario que imparta clases de cualquier ámbito de las ciencias, es decir, profesores de ESO y Bachillerato, de Física, Química, Biología y Geología.
3. profesorado universitario vinculado a la enseñanza de materias de ciencias.
4. científicos e investigadores del ámbito de las ciencias, en cualquiera de sus campos.
5. y autoridades educativas.

El análisis de las respuestas en esta primera etapa se resuelve en la compilación de un conjunto de palabras y expresiones mencionadas por los encuestados (y que en adelante denominaremos «ítems»). Estos ítems se agrupan en lo que se denominan «categorías». El resultado final es la recopilación en categorías de todos los ítems, y este nuevo documento resulta ser el segundo cuestionario.

La metodología Delphi se emplea en Ciencias de la Educación como método de adquisición y exploración de los datos (Clayton 1997), y tiene como objetivo mostrar los ítems de mayor interés dentro de cada categoría y grupo encuestado. Por otro lado, la técnica Delphi constituye un método interesante a caballo entre la metodología cualitativa y la cuantitativa.

Resultados

De los 450 cuestionarios enviados a los diferentes grupos, se recibieron las respuestas de 126 participantes sobre los aspectos del proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias considerado como relevante y deseable pedagógicamente. El grupo más numeroso de respuestas procede de estudiantes de la ESO (*Tabla 1*). El resto de los grupos encuestados ha sido bastante homogéneo, a excepción del grupo de miembros de la «administración educativa» que, aun siendo consultados, no remitieron ninguna respuesta.

El resultado de la lectura de las 126 encuestas produjo un conjunto de ítems, hasta un total de 80, que se clasificaron en 5 categorías, siendo este documento el segundo cuestionario que se envió a los mismos encuestados que respondieron al primero. Con esta segunda encuesta se completa la primera vuelta que contempla la técnica Delphi.

Grupo	Número total de encuestados	Porcentaje de encuestados
Estudiantes (ESO)	61	48%
Profesores de ciencias	22	18%
Profesores de universidad	22	18%
Científicos/investigadores	21	16%
Administración educativa	0	0%
Total	126	100%

Tabla 1. Porcentajes de participación en el cuestionario por grupos de interés.

El segundo cuestionario está estructurado en cinco categorías. En la primera categoría se muestran todos los ítems que responden a la cuestión *¿por qué es importante estudiar/enseñar ciencias*?, y que se han recogido bajo el epígrafe *Motivación.* La segunda categoría corresponde a los *Conceptos* que se deberían impartir y aprender en las clases de ciencias en la enseñanza Secundaria. La tercera categoría la forman los ítems relacionados con los diferentes *Campos Científicos.* La cuarta categoría es relativa a las *Competencias, Habilidades y Destrezas* que la persona debe adquirir en la formación preuniversitaria. Y finalmente, se preguntó sobre cuáles serían las *estrategias de enseñanza-aprendizaje* más adecuadas en Ciencias.

En la *Tabla 2* se muestran los resultados del segundo cuestionario, donde se han recogido los ítems de cada categoría que fueron seleccionados con más frecuencia.

DISCUSIÓN

En la mayoría de los casos, las categorías están de acuerdo con las establecidas en estudios previos de Delphi en ciencias (Bolte, 2008) y se refieren a las pautas y aspectos de la enseñanza de la ciencia según se afirma en la bibliografía consultada (Bybee *et al.* 2009; Fensham, 2009).

Categoría	Estud.	Prof. preuniv.	Prof. Univ.	Científicos	Total
Motivación					
Educación/Desarrollo integral de la persona	64	50	91	86	51
Desarrollo intelectual de la persona	74	55	64	57	44
Naturaleza/fenómenos naturales	54	45	82	52	34
Tópicos/Conceptos					
Medio ambiente	28	68	64	67	26
Energía	41	59	73	33	25
Propiedades materia	44	23	77	52	25
Campos científicos					
Biología humana	38	77	64	48	28
Ciencias de la Tierra	39	64	64	48	25
Matemáticas	34	59	45	52	20
Habilidades					
Motivación/interés/curiosidad	52	55	12	8	20
Comprensión	46	64	14	12	20
Razonamiento/análisis/ conclusiones	30	64	17	15	15
Estrategias					
Utilización de las nuevas tecnologías	79	86	50	67	55
Aprendizaje de las ciencias por indagación	56	55	73	90	43
Aprendizaje cooperativo	70	68	64	57	45

Tabla 2. Porcentajes de los ítems más citados en cada categoría, repartidos según grupos encuestados.

En cuanto a la categoría de la **motivación** en el estudio de ciencias, parece que el mayor interés se centra en *el desarrollo integral del individuo* y la *explicación de los procesos naturales* según se observa en la *Tabla 2*.

También *el desarrollo intelectual* ha sido ampliamente seleccionado por todos los colectivos. En general, los ítems mencionados se distribuyen bastante homogéneamente entre todos los colectivos encuestados.

Con respecto a **conceptos** (categoría 2) destaca *medio ambiente,* en particular entre profesores y científicos, seguido de *energía* y *propiedades de la materia.*

En **campos científicos** (categoría 3) destacan la *Biología Humana* y *las Ciencias de la Tierra*, como las más votadas por los profesores de ambos grupos.

Por otro lado, las **habilidades** (categoría 4) más valoradas por los estudiantes y profesores de ESO son la formación del *pensamiento crítico*, *razonamiento y capacidad para analizar y elaborar conclusiones* junto con *la compresión*.

Y por último, en cuanto a **las estrategias de enseñanza-aprendizaje** (categoría 5) entre las que figura *la utilización de nuevas tecnologías* destaca como la más votada en el grupo de científicos *el aprendizaje de las ciencias por indagación.*

Los resultados obtenidos dan cuenta de aquellos aspectos sobre los que se debería incidir o modificar en las clases de ciencias afín de favorecer el interés por los contenidos impartidos. En relación a la categoría de Tópicos/conceptos resalta el hecho de que se haga alusión a contenidos del ámbito de la física (energía), de la química (propiedades de la materia) y de la geología y biología (medioambiente). Según Speering y Rennie (1996), la fragmentación en diversas materias diferenciadas (física, química, biología, etc.) del currículo de ciencias de Secundaria influye negativamente sobre la percepción de la ciencia de los estudiantes en Secundaria. Los resultados obtenidos en las categorías de Habilidades y Estrategias, reflejan que puede haber otros factores adicionales que podrían afectar también a la falta de interés en las clases de ciencias, y que podrían ser tales como el profesor, la falta de trabajo práctico o la excesiva orientación para preparar los exámenes en las clases, como apuntan algunos autores (Murphy y Beggs, 2003).

Sin duda, parece complicado desentrañar el conjunto de factores determinantes en la práctica docente que han de ser tenidos en cuenta para las clases de ciencias en Secundaria. Algunos autores apuntan (Vázquez y Manassero, 2009) que ofrecer una ciencia escolar menos aburrida y más asequible (ciencia inclusiva o ciencia para todos), actuando sobre las variables educativas como el currículo o los métodos de enseñanza y aprendizaje puede ser la clave.

El estudio que aquí se presenta no pretende ser más que un pequeño esbozo de lo que pueden ser las claves para mejorar la enseñanza de las clases de ciencias. Si bien son muchos y de gran calidad los trabajos publicados sobre esta temática, la mayoría están enfocados a las respuestas de los alumnos. En este trabajo se aborda con un mismo cuestionario a todos los grupos participantes del proceso enseñanza-aprendizaje de las ciencias, afín de contrastar sus opiniones. Es curioso observar una aproximación de ideas, reflejadas en ítems, entre grupos tan dispares, como por ejemplo en las estrategias.

Conclusiones

Hemos realizado un estudio Delphi para identificar los aspectos clave para la enseñanza de las ciencias en la etapa preuniversitaria. Se encuestaron a 126 individuos, pertenecientes al colectivo de estudiantes de ESO y Bachillerato, junto con expertos en el ámbito de las ciencias. Se ha elaborado una lista de 80 ítems o ideas clave, que atienden a aspectos como la motivación, los tópicos de interés, campos de la ciencia, habilidades a adquirir y estrategias de enseñanza. El resultado ha sido la identificación por consenso de los ítems reseñados.

Creemos que los resultados de este estudio apoyan el uso de la técnica Delphi para este propósito. A la vista de los resultados, el estudio Delphi se presenta como una buena herramienta para conocer aquellos aspectos claves que pueden ser objeto de mejora en la enseñanza de las ciencias.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación recibida para la realización de este estudio al séptimo programa marco de la Unión Europea en el proyecto PROFILES. Así mismo, agradecen la colaboración de profesores e investigadores de la Universidad de Valladolid que amablemente han contribuido a este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

ADLER, M. & ZIGLIO, E. (1996). *Gazing into the Oracle: The Delphi Method and its Application to Social Policy and Public Health*, Jessica Kingsley Publishers, London.

BOLTE, C. (2008). A Conceptual Framework for the Enhancement of Popularity and Relevance of Science Education for Scientific Literacy, based on Stakeholders' Views by Means of a Curricular Delphi Study in Chemistry. *Science Education International*, 19(3), 331-350.

BROOKS, K.W. (1979). Delphi Techniques: Expanding Applications. *North Central Association Quarterly*, 53,3, 377-385.

BYBEE, R. W., MCCRAE, B., & LAURIE, R. (2009). PISA 2006 An Assessment of Scientific Literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 865-886.

CLAYTON, M.J. (1997). Delphi: a technique to harness expert opinion for critical decision-making tasks in education, *Educational Psychology*, 17, pp. 373-386

COCHRAN, S.W. (1983). The Delphi Method: Formulating and Refining Group judgements. *Journal of Human Sciences* . 2(2), 111-17

CRITCHER, C. & GLADSTONE, B. (1998). Utilizing the Delphi technique in policy discussion: a case study of a privatized utility in Britain, *Public Administration*, 76, pp. 431-449.

DAILEY, A. L & HOLMBERG, J. C. (1990). Delphi – A Catalytic Strategy for Motivating Curriculum Revision by Faculty. *Community/Junior College Quarterly Review*, 14, 129-136.

DALKEY, N. & HELMER, O. (1963). An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts, *Management Science*, 9, 458-467, 1963.

DE VILLIERS M, DE VILLIERS P. & KENT A. (2005). The Delphi technique in health science education research. *Medical Teacher*. 27 639-643

FENSHAM, P. J. (2009). Real World Contexts in PISA Science: Implications for Context-Based Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 884-896.

HÄUSSLER P. & HOFFMANN L. (1999). A Curricular Frame for Physics Education: Development, Comparison with Students' Interests, and Impact on Students' Achievement and Self-Concept. *Science Education*. Volume 84, Issue 6, 689-705.

HELMER, O. (1966). *Social technology*. New York: Basic Books

LINSTONE, H. A. & TUROFF, M., (1975). *The Delphi Method: Techniques and Applications*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA.

MURPHY, C. Y BEGGS, J. (2006). Children perceptions of school science. *School Science Review*, 84(308), 109-116.

MURRY, J.W. & HAMMONS, J.O. (1995). Delphi: a versatile methodology for conducting qualitative research, *Review of Higher Education*, 18, pp. 423-436

OSBORNE, J. F., RATCLIFFE, M., COLLINS, S., MILLAR, R., & DUSCH, R. (2003). What "Ideas-about-Science" Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.

PETRINA, S & VOLK, K.S. (1992). Policy Making Processes and the Delphi Technique in STS Curricula: A Case Study Examining Energy Issues. *Bulletin of Science and Technology in Society*, 12, 299-303.

SMITH, K. S. & SIMPSON, R. D. (1995). Validating Teaching Competencies for Faculty Members in Higher Education: A National Study Using the Delphi Method. *Innovative Higher Education*. 19 (3), 223-234.

SPEERING, W., & RENNIE, L. (1996). Students' perceptions about science: The impact of transition from primary to secondary school. *Research in Science Education*, 26(3), 283-298.

VÁZQUEZ ALONSO, A. & MANASSERO MAS, M. A. (2009). La relevancia de la educación científica: actitudes y valores de los estudiantes relacionados con la ciencia y la tecnología. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(1)

Bioinformática en el aula: construcción de árboles filogenéticos a partir de bases de datos moleculares

M. López García

IES Ramiro de Maeztu, Dpto. Biología y Geología
Universidad Complutense, Facultad de Educación
C/ Rector Royo Villanova s/n, 28040-Madrid
martalopezgarcia@edu.ucm.es

Palabras clave: Árbol filogenético, evolución, bases de datos moleculares, bioinformática, filogenia molecular.

Keywords: Phylogenetic tree, evolution, molecular databases, bioinformatics, molecular phylogenetics.

Resumen

Un árbol filogenético es una representación de las relaciones evolutivas entre diferentes taxones. En la actualidad, el análisis filogenético se basa, fundamentalmente, en el análisis comparativo de secuencias génicas. La introducción en la enseñanza secundaria de estas nuevas herramientas de análisis resulta imprescindible si queremos preparar a nuestros alumnos para la ciencia del siglo XXI. Algunos programas informáticos de análisis filogenético tienen versiones para uso académico que pueden ser utilizadas con facilidad por alumnos de enseñanza secundaria para discutir relaciones de parentesco entre especies. Se proponen como ejemplo dos actividades sobre filogenia de mamíferos realizadas a través del programa Geneious.

Abstract

A phylogenetic tree is a branching diagram showing the evolutionary relationships among different taxa. Currently, phylogenetic studies are mostly based upon the analysis of similarities and differences in genetic sequences. The introduction of the knowledge of these new tools in the secondary education is essential in order to prepare our students for the twenty-first century science. Some computer programs for the phylogenetic analysis have versions available for academic use that can be easily managed by students for discussing evolutionary relationships among different species. Two activities about mammals developed with the Geneious program are posed by way of illustration.

Introducción

Un árbol filogenético es una representación de las relaciones de parentesco entre diferentes taxones, que, como los árboles genealógicos, suele tener un tronco principal con ramas. El estudio de la historia

evolutiva de los seres vivos se ha abordado tradicionalmente desde la anatomía comparada sustentada en el análisis del registro fósil, pero en las últimas décadas se ha incorporado una nueva herramienta de estudio que utiliza el análisis comparativo de secuencias génicas.

Aunque ambos métodos presentan ventajas e inconvenientes, en la actualidad los estudios filogenéticos, como otras ramas de la investigación biológica, se basan en la utilización de potentes programas informáticos que analizan secuencias moleculares obtenidas de bases de datos genómicas o proteómicas (López, 2011)[1]. Es, por tanto, importante que los alumnos en la enseñanza secundaria tengan conocimiento de estas herramientas que resultan esenciales en la investigación biológica relacionada con la evolución.

A continuación se explica de forma resumida el funcionamiento del *software* filogenético y se proponen dos actividades diseñadas para alumnos de Bachillerato basadas en la utilización de uno de estos programas.

II. Metodología

En la filogenia molecular los nodos terminales son las secuencias génicas de individuos concretos y el resto del árbol se obtiene a partir del análisis comparativo de dichas secuencias. Los nodos interiores representan antecesores hipotéticos de los que a menudo no tenemos información. El árbol así construido es, pues, una inferencia que ofrece una idea del camino seguido por la evolución.

Para la construcción de un árbol filogenético molecular se deben realizar las siguientes acciones:

1. Determinar las secuencias a utilizar

Las moléculas para análisis filogenético pueden proceder de proteínas, ADN nuclear, ADN mitocondrial, ADN de los cloroplastos o ARN y deben cumplir las siguientes características:

- Deben tener distribución universal y ser funcionalmente homólogas.
- El alineamiento de secuencias debe permitir la determinación de regiones de homología y regiones de heterogeneidad.
- La secuencia elegida debería variar en forma proporcional con la distancia evolutiva a medir.
- No deben estar sujetas a transferencia entre organismos filogenéticamente distantes (transferencia lateral).
- La cantidad de información debe ser suficiente para que el análisis sea estadísticamente significativo.

2. Alinear correctamente las secuencias

Un alineamiento es una hipótesis sobre las homologías posicionales entre bases (caracteres) de distintos individuos. El alineamiento de secuencias consiste en la comparación de dos secuencias homólogas para localizar las inserciones, deleciones o cambios puntuales en los nucleótidos que se hayan podido producir en el proceso de divergencia de ambas desde el ancestro común. Así, cuando dos secuencias quedan alineadas se van a producir tres tipos de pares de alineamiento: emparejamientos (*matches),* no emparejamientos *(mismatches)* y huecos (*gaps)*. Este es un paso esencial para la construcción del árbol filogenético ya que la sustitución puede ser producida por transición o transversión, y no es posible distinguir

[1] López García, M. (2011). Introducción a la bioinformática en la enseñanza secundaria: estudio de una alteración genética. En: González Montero de Espinosa, M. y Baratas Díaz, A. (Ed.). *Investigación y didáctica para las aulas del siglo xxi*. Madrid: Santillana, pp. 129-138.

entre deleción o inserción ya que no se puede saber cuál de los dos ocurrió, pudiéndose dar distintas interpretaciones (*Fig.1*).

Secuencias génicas	Posible alineamiento (1)	Posible alineamiento (2)
1) …G C CT A C C…	1) G C CT A C C	1) G C CT A C C
2) …G C CT A C C…	2) G C CT A C C	2) G C CT A C C
3) …G A CT A C C…	3) G A CT A C C	3) G A CT A C C
4) …G AT A C C…	4) G A - T A C C	4) G - AT A C C

Figura 1. Dos posibles alineamientos a partir de las mismas secuencias génicas.

3. APLICAR UN MÉTODO PARA CONSTRUIR EL ÁRBOL FILOGENÉTICO

Un árbol está compuesto por nodos interiores (puntos de bifurcación) y ramas (líneas de conexión) que conectan con los nodos terminales ocupados por las secuencias que analizamos. La distancia evolutiva entre dos especies se mide en función de las diferencias entre las secuencias de nucleótidos o aminoácidos de las moléculas homólogas.

Los programas informáticos para la elaboración de árboles filogenéticos utilizan diferentes métodos basados en algoritmos para la construcción de los árboles. Los métodos más utilizados son:

Métodos de distancia: Utilizan matrices de distancia que calculan las diferencias entre todos los pares de secuencias y a partir de esos parámetros se construye el árbol:

- UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*): Agrupamiento pareado no ponderado utilizando la media aritmética.
- *Neighbor Joining:* El principio de mínima evolución sería el de la búsqueda de aquel árbol que presente una menor longitud de sus ramas.

Métodos basados en la secuencia: Operan directamente con las secuencias.

- Máxima parsimonia**:** Busca el menor número de cambios evolutivos para explicar las diferencias observadas entre las diferentes secuencias analizadas.
- Máxima verosimilitud: Utiliza el árbol que con mayor probabilidad haya dado origen a los datos observados.

Para el nivel educativo al que van dirigidas estas actividades basta que los alumnos entiendan dichos algoritmos como cajas negras (*Fig. 2*).

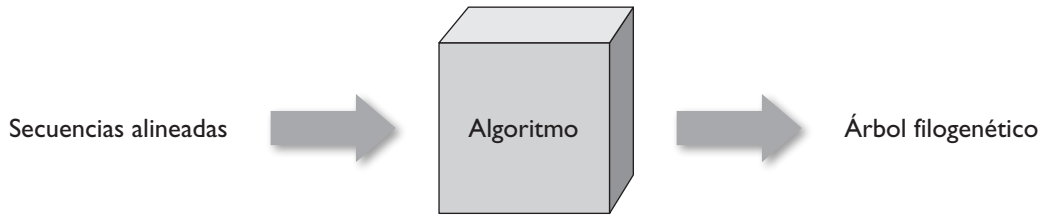


Figura 2. Los algoritmos del *software* filogenético actúan como cajas negras.

El árbol consenso es el que representa la generalidad de los árboles posibles, ya que la filogenia es una aproximación estadística de una historia evolutiva.

Los árboles pueden estar sin enraizar o enraizados (*Fig. 3*). En el primer caso, el árbol solo indica el grado de relación que existe entre las diferentes secuencias. En el segundo caso existe un nodo particular de-

nominado nodo raíz, que nos indicaría el punto del que han divergido las secuencias. Para ello es necesario definir un grupo externo (*outgroup*), miembro no natural del grupo de interés. Estos árboles se representan en forma de cladogramas, en los que cada rama o clado representa un grupo de organismos que comparten un ancestro común atendiendo a un carácter que constituye una novedad evolutiva que no aparece en ningún otro clado del árbol.

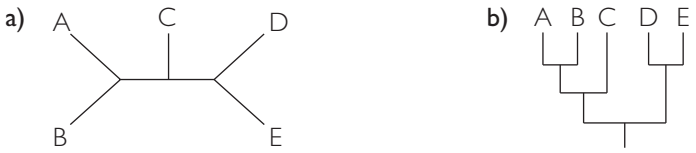


Figura 3. Árbol filogenético sin enraizar (a) y enraizado b)

4. Evaluar el árbol filogenético construido

El ensayo más simple para probar si el conjunto de datos apoyan el árbol obtenido es el del *bootstrap.* Esta evaluación del árbol filogenético se basa en técnicas de remuestreo, de tal forma que a partir de las secuencias originales se generan pseudorreplicados (normalmente de 500 a 1.000). Con ellos se realizan los correspondientes árboles filogenéticos según el procedimiento empleado en la elaboración del árbol original. Posteriormente, se calcula en cuántas réplicas se generan las mismas agrupaciones tal y como aparecen en el árbol estimado, y esos valores serán los de confianza del nodo de agrupaciones. Normalmente se presenta dicho valor en la parte interior del nodo. En muchas ocasiones los nodos con valores de confianza bajos (normalmente < 50) se colapsan indicando que la filogenia de dicha rama no está clara (*Fig. 4*).

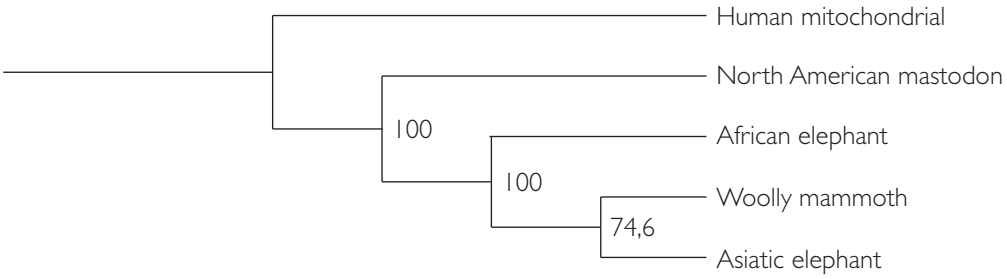


Figura 4. Árbol filogenético mostrando el nivel de confianza de los nodos.

III. Programa Geneious

Geneious[2] es un programa informático para la construcción de árboles filogenéticos que puede descargarse gratuitamente en su versión académica («*Geneious basic*»). El manejo del programa es sencillo y no requiere navegación, ya que consta de una única pantalla dividida en tres ventanas que permiten visualizar simultáneamente cualquier acción que realicemos.

En la ventana de la izquierda se encuentran las carpetas que contienen las secuencias con las que trabajamos. En la parte inferior de esa misma ventana tenemos botones de acceso a la base de datos del NCBI donde podemos solicitar secuencias de las especies que queremos analizar.

La ventana superior muestra las moléculas contenidas en la carpeta que hayamos seleccionado identificadas por la denominación que hayamos dado a la especie. Pinchando en cada una de ellas podemos ver

[2] Programa Geneious: http://www.geneious.com/

desplegadas en la ventana inferior las secuencias de nucleótidos con detalle. Si pinchamos simultáneamente en varias esto nos permite comparar dichas secuencias (*Fig. 5*).

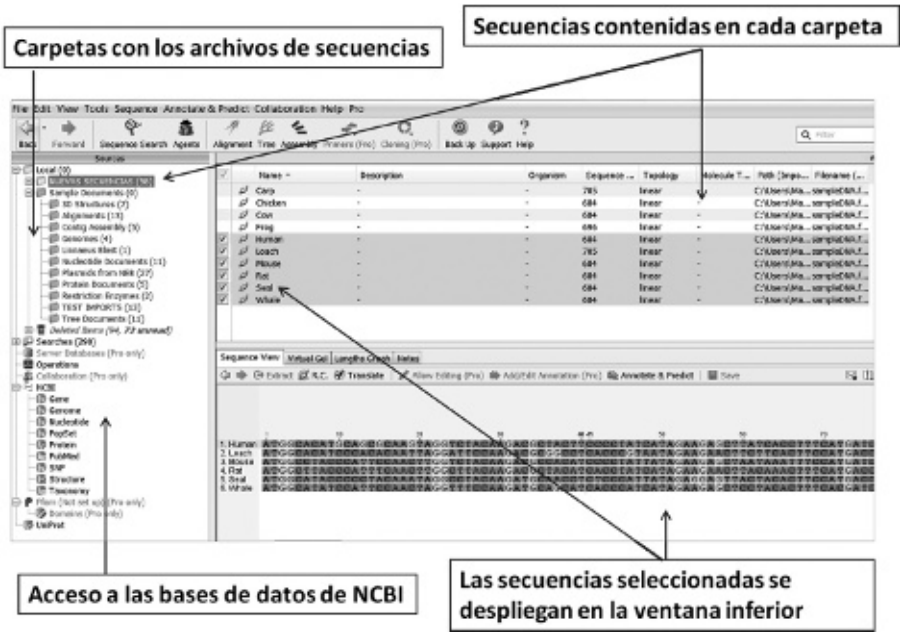


Figura 5. Ventana principal de programa Geneious.

En la barra de menú situada en el margen superior de la página se encuentra el icono de «Alignment». Seleccionando las secuencias que queramos analizar y pinchando en este icono, el programa realizará el alineamiento de estas secuencias quedando, de esta forma, preparadas para la construcción del árbol filogenético. El alineamiento se visualiza en la ventana inferior. A la derecha de esta ventana un panel de control permite analizar estas secuencias realizando algunas acciones como cambiar el código de color de los nucleótidos, ampliar el tamaño de las letras, consultar el porcentaje de identidades encontradas, etc. (*Fig. 6*).



Figura 6. Alineamiento de secuencias en el programa Geneious mostrando los paneles de control.

Para visualizar el árbol filogenético obtenido a partir de las secuencias alineadas debemos pinchar en el icono «Tree» situado en la barra de menú. Esto hace que se abra una ventana que nos permite especificar el grupo externo si queremos el árbol enraizado, elegir el algoritmo para la elaboración del árbol filogenético y especificar el número de replicaciones que queremos para el *bootstrap* (*Fig. 7*).

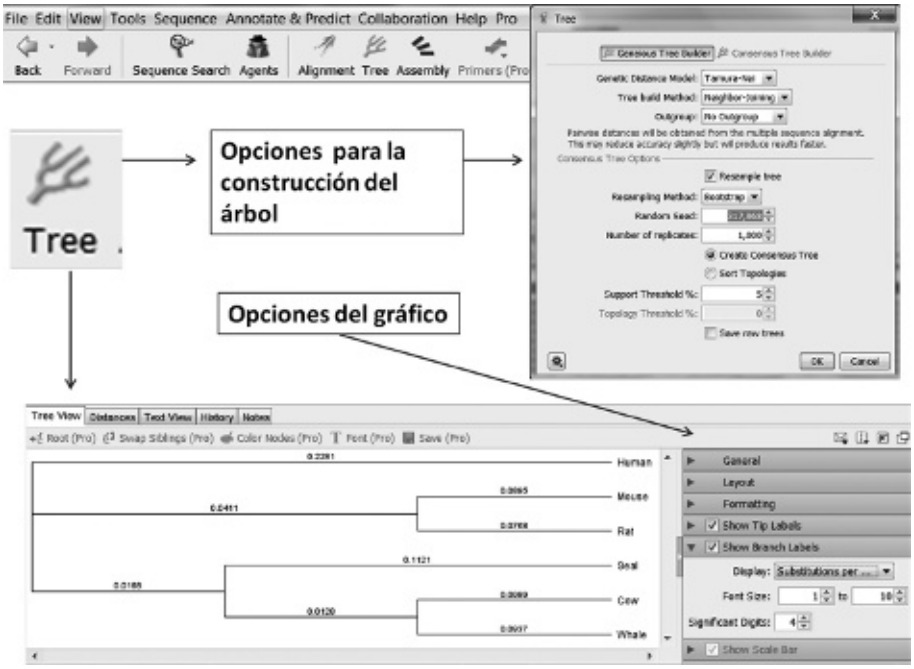


Figura 7. Opciones para la construcción del árbol filogenético.

Algunas de las características del árbol construido pueden modificarse en el panel de control que puede desplegarse a la derecha.

IV. Propuesta didáctica

Las actividades que se describen a continuación constituyen una propuesta de utilización de este programa con alumnos de enseñanza secundaria. Para su diseño se ha elegido en primer lugar un concepto relacionado con la evolución que nos ha interesado trabajar con los alumnos. A continuación se han elegido las especies que pueden servir de ejemplo para explicar dicho concepto y se han obtenido las secuencias génicas que permiten hacer el análisis filogenético. En ambos casos se ha recurrido a la comparación del ADN mitocondrial de dichas especies.

Los objetivos de las actividades que se proponen son:

- Familiarizarse con la utilización de herramientas bioinformáticas.
- Consolidar y relacionar diferentes conceptos relacionados con la evolución.

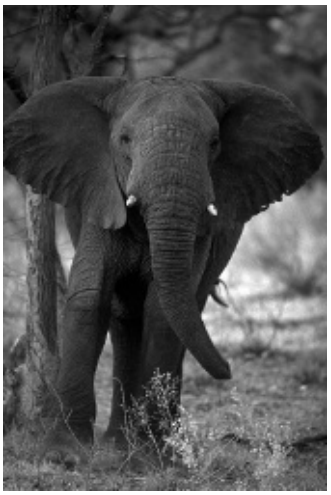
1. Convergencia – Divergencia

Esta actividad se ha diseñado con la finalidad de poner de manifiesto cómo los caracteres morfológicos pueden conducir a interpretaciones erróneas respecto al parentesco evolutivo de algunas especies y de qué manera los análisis moleculares pueden contribuir a clarificar estas relaciones.

La actividad comienza ofreciendo a los alumnos unas imágenes de cinco especies de mamíferos elegidas para ilustrar este problema (*Fig. 8*).



Damán (*Procavia capensis*)
(Fuente: © Tree of Life Project, 2008)



Elefante (*Loxodonta africana*)
(Fuente: © Tree of Life Project, 2000)



Foca (*Monachus monachus*)
(Fuente: © IFAW International Fund for Animal Welfare/Da Costa, 2011)



Manatí (*Dugong dugon*)
(Fuente: © Tree of Life Project, 2000)

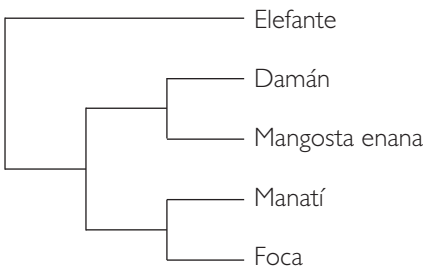


Mangosta enana (*Helogale parvula*)
(Fuente: Wikimedia Commons, 2012)[3]

Figura 8. Imágenes de las cinco especies objeto del estudio.

A la vista de estas imágenes se les pide a los alumnos que elaboren una hipótesis acerca de las relaciones evolutivas de estas especies y que la expresen en forma de cladograma.

Aunque caben otras posibilidades, una de las respuestas más comunes es la siguiente:



[3] Wikimedia Commons es una página web bajo Creative Commons Attribution/Share-Alike License. http://commons.wikimedia.org.

Para comprobar su hipótesis los alumnos deben entrar en el programa Geneious, donde previamente se habrán cargado las secuencias de estas especies. En este caso se ha elegido como grupo externo el ornitorrinco, dado que no conocemos el taxón al que pertenecen nuestros ejemplares pero sabemos que todos son mamíferos placentarios. Las secuencias se encuentran ya alineadas debido a que este proceso puede durar algunas horas.

Una vez abierta la carpeta los alumnos deberán visualizar las secuencias alineadas. En este momento pueden hacer una comparación de los primeros 50 nucleótidos alineados de las cinco especies con el objetivo de comprobar si la semejanza entre las moléculas de ADN corrobora su hipótesis. También pueden hacerlo consultando en el panel de control el porcentaje de coincidencias entre las secuencias.

Finalmente, los alumnos deben construir el árbol filogenético de las cinco especies del problema. Elegimos el método *Neighbor Joining* para la construcción del árbol y *Tamura Nei* como modelo para el cálculo de distancias. Introducimos el nombre del ornitorrinco como grupo externo y pedimos al programa que haga 1.000 replicaciones. Una vez completados los datos se pulsa OK y en unos segundos se muestra en la ventana inferior el árbol filogenético (*Fig. 9*).

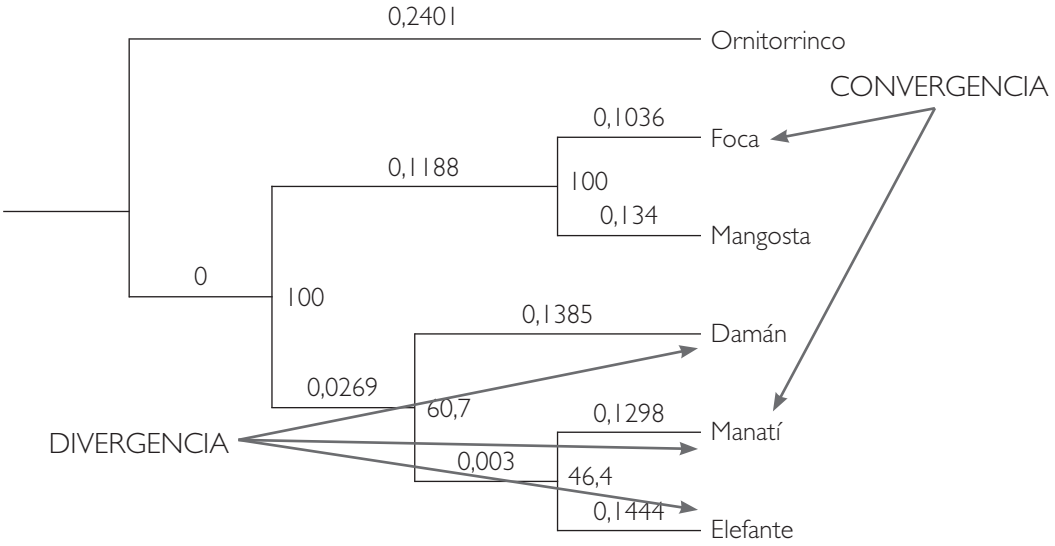


Figura 9. Árbol filogenético obtenido para las cinco especies de mamíferos.

Como puede verse, la foca y la mangosta presentan un parentesco más próximo entre sí que con el resto de las especies a pesar de sus diferencias morfológicas. Lo mismo ocurre con el elefante y el manatí que, a su vez están más emparentados con el damán que el grupo anterior. Esto nos permite profundizar en los conceptos de convergencia y divergencia evolutiva.

2. Especiación alopátrica

En esta actividad se estudian las relaciones de parentesco de cuatro especies de chimpancé. Los alumnos disponen de una imagen e información sucinta de las características y distribución geográfica de cada una de las especies (*Fig.10*).

Al comienzo de la actividad los alumnos deben establecer la posible relación entre estas especies elaborando, como en el caso anterior, una hipótesis representada en forma de cladograma.

A continuación deben abrir la carpeta en la que se encuentran las secuencias alineadas del ADN mitocondrial de los cuatro chimpancés. Tras visualizar el alineamiento en la ventana inferior, los alumnos pueden poner a prueba su hipótesis, como en el ejemplo anterior, analizando el número de coincidencias

entre los primeros nucleótidos. Para crear el árbol filogenético se deben seguir los pasos mencionados más arriba, introduciendo en este caso como grupo externo el nombre de *Homo sapiens* incluido en el alineamiento.



Pan troglodytes troglodytes
(Fuente: Wikipedia, 2012)[4]

Pan troglodytes schweinfurthii
(Fuente: © Tree of Life Web Project, 2008)



Pan troglodytes verus
(Fuente: © Wild Chimpanzee Foundation, WCF, 2007)

Pan paniscus
(Fuente: Wikispecies, 2011)[5]

Figura 10. Las cuatro especies estudiadas de chimpancé[4,5].

El árbol filogenético obtenido se verá en la ventana inferior (*Fig. 11*):

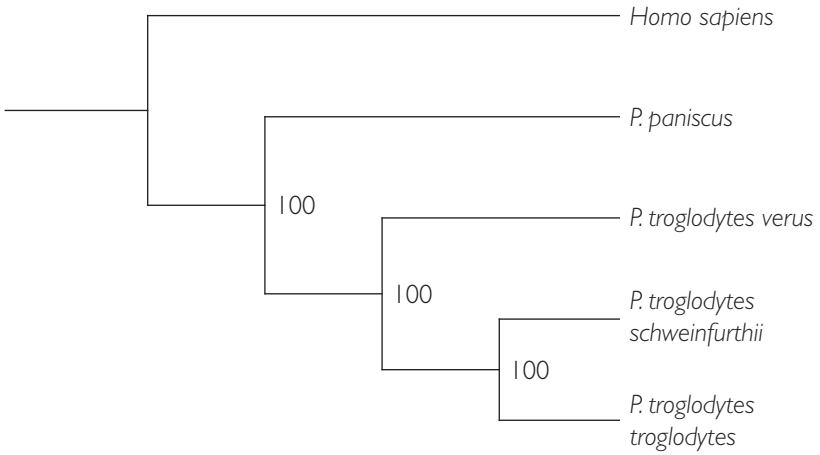


Figura 11. Árbol filogenético de los chimpancés obtenido en Geneious.

Como era previsible, las tres subespecies de *Pan troglodytes* están más emparentadas entre sí que con *Pan paniscus*. A su vez, las subespecies *P. troglodytes schweinfuthii* y *P. troglodytes troglodytes* están más emparentadas que con *P. troglodytes verus*.

Finalmente, se les puede facilitar a los alumnos un mapa en el que se representen las regiones correspondientes a la distribución geográfica de los cuatro tipos de chimpancés. Así comprobarán que los datos biogeográficos corroboran el árbol filogenético. La subespecie *P. troglodytes verus* está alejada de las otras dos subespecies de *P. troglodytes*, lo que habrá contribuido a la aparición de diferencias genéticas. Por su

[4] Wikipedia es una página web bajo Creative Commons Attribution-ShareAlike License. http:// wikipedia.org

[5] Wikispecies es una página web bajo Creative Commons Attribution/Share-Alike License. http://species.wikimedia.org

parte la especie *P. paniscus*, pese a encontrarse aparentemente próxima a dos de las subespecies de *P. troglodytes*, se encuentra separada de ellas por el río Congo, lo que constituye una barrera geográfica que ha conducido al aislamiento genético, es decir, sería un ejemplo de especiación alopátrica (*Fig. 12*).

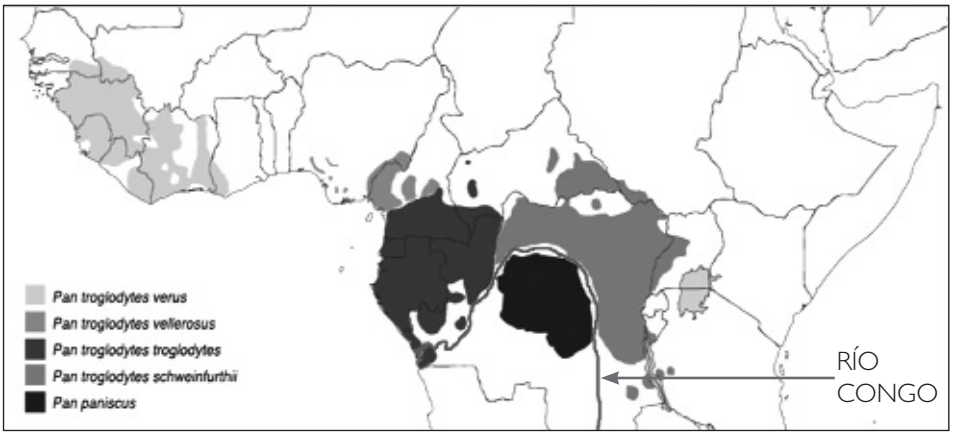


Figura 12. Mapa de distribución de las especies analizadas (Fuente: Wikipedia, 2010).

V. Conclusión

Las actividades presentadas constituyen una propuesta de introducción del software filogenético en la enseñanza secundaria. El programa Geneious puede descargarse gratuitamente desde Internet, es de fácil manejo y permite el diseño de actividades sencillas en función de los objetivos que se persigan. El conocimiento y la toma de contacto con herramientas bioinformáticas en la enseñanza secundaria empieza a ser esencial toda vez que son herramientas básicas en la investigación biológica hoy en día. Al mismo tiempo este tipo de actividades pueden contribuir a clarificar algunos conceptos relacionados con la evolución que a menudo se tratan de manera incompleta o confusa en los libros de texto o a eliminar errores conceptuales de los alumnos (García *et al.*, 2009[6]; Jiménez *et al.*, 2009[7]; Barberá *et al.* 2011[8]).

[6] García, S.; Tiburzi, M. y Martínez-Losada, C. (2009). Evaluación de actividades dirigidas al estudio de la evolución en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 322-327.

[7] Jiménez, M.; González, F. y Hódar, J. (2009). Los conceptos de población y especie en los libros de texto de secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 744-746.

[8] Barberá, O; Sanchís, J.M.; Sendra, C. (2011). La evolución biológica en los libros de texto de Educación Secundaria y Bachillerato. Situación actual. En: González Montero de Espinosa, M. y Baratas Díaz, A. (Ed.). *Investigación y didáctica para las aulas del siglo xxi*. Madrid: Santillana, pp.115-128.

Presente y futuro investigador en un mismo laboratorio

Karina Boltes Espínola y José María Valle Marcos

Departamento de Química Analítica e Ingeniería Química. Facultad de Química. Universidad de Alcalá Campus Universitario Ctra. Madrid a Barcelona, km 33,6. 28871 Alcalá de Henares. Madrid.
E-mail: karina.boltes@uah.es

Colegio Sagrado Corazón de Jesús. Escritorios, 6. 28801 Alcalá de Henares. Madrid
E-mail: jmvallemarcos@yahoo.es

Palabras clave: Difusión de ciencias, experimentos de laboratorio, trabajo colaborativo, Secundaria.

Keywords: Science dissemination, laboratory experiments, collaborative work, high school.

Resumen

Este trabajo resume seis años de colaboración entre docentes de la misma disciplina (Química), pero de muy diferentes niveles educativos (ESO y tercer ciclo de formación universitaria), que han articulado un conjunto de herramientas didácticas basadas en visitas de los alumnos de secundaria a los laboratorios de investigación. En dichas visitas, enmarcadas en varios programas de puertas abiertas de la Universidad de Alcalá, los jóvenes investigadores llevan a cabo experimentos especialmente pensados para los estudiantes de secundaria y les explican sus proyectos de investigación. Estas acciones coordinadas mejoran significativamente la fijación de conceptos básicos e incrementa la curiosidad por la ciencia y la tecnología.

Abstract

This work summarizes six years of collaboration between teachers of chemistry which are working at different educational levels like high school and PhD studies. They have been designed a set of teaching tools based on visits of students to research laboratories framed in different programs of science dissemination promoted by the University of Alcala. Here, young researchers perform experiments especially prepared for high school students and explain their research projects. These coordinated actions help to improve largely the acquisition of basic concepts and the curiosity by science and technology.

1. Introducción

En la actualidad existe una importante preocupación sobre la necesidad de despertar el interés científico en los estudiantes de Primaria y Secundaria (Informe OCDE 2008[1]). Los desalentadores datos presentados en el informe CRECE de la Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE) en 2005[2],

[1] OECD. Encouraging student interest in science and technology studies. 2008. DOI: 10.1787/9789264040892-en

[2] Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE). Informe Acción CRECE. 2005.

ponían de manifiesto la falta de cultura científica existente en nuestro país y ha sido un importante punto de partida para una serie de acciones que se están llevando a cabo para corregir esta tendencia. Destaca la plataforma ENCIENDE[3], que es la primera en que se unen científicos y divulgadores para poner en marcha proyectos de desarrollo de estrategias didácticas innovadoras para incrementar la cultura científica en España. En el informe CRECE se hacía especial hincapié en la necesidad de que el investigador actúe también como divulgador y formador con el fin de incrementar los conocimientos y el interés de la sociedad española por los fundamentos científicos de nuestra cultura y la contribución de la ciencia a su desarrollo, así como para propiciar la aparición de vocaciones científicas. Decía textualmente: «En la enseñanza primaria y secundaria es necesario potenciar los experimentos, los talleres, los juegos y las actividades manuales, y transmitir la repercusión de la ciencia y la tecnología a los ámbitos de la vida personal y social».

Con el objetivo de alcanzar mayores niveles de alfabetización científica en España, se llevan realizando un buen número de actividades de divulgación científica, impulsado por Ministerios, Comunidades Autónomas, Sociedades Científicas, Universidades y grandes centros de investigación. Según se refleja en el último informe de Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en España, 2008 (FECYT)[4], la apreciación positiva de las contribuciones de la ciencia y la tecnología entre la opinión pública, mejora levemente, si bien se reconoce que existe un desfase entre la curiosidad que muestra la población y la información que esta adquiere sobre dichos temas. Como dato interesante de mencionar, está la creencia de los españoles de que poseen un nivel bajo en educación científico-técnica, lo que les impide ver y comprender la utilidad de los conocimientos científicos en diferentes aspectos de la vida.

Una gran parte del trabajo debe llevarse a cabo dentro de los centros educativos, pero las asignaturas de orientación científica como la de Física y Química en la ESO tienen actualmente un peso horario muy escaso sobre el total de horas lectivas. Sin embargo, los contenidos curriculares comprenden, en dos cursos, la práctica totalidad de las áreas básicas de ambas disciplinas. Todo ello, unido al más bien escaso equipamiento para realizar experiencias de laboratorio, obliga a los docentes a buscar alternativas didácticas que permitan a los alumnos acercarse al mundo científico, con el fin no solo de fijar conceptos, sino además, despertar su interés y curiosidad por descubrir la utilidad del desarrollo científico y de los avances tecnológicos sobre el bienestar de la sociedad, así como despertar nuevas vocaciones científicas.

Por otro lado, los estudiantes predoctorales no deben olvidar que su objetivo no es solamente formarse como investigadores, sino generar y desarrollar productos demandados por la sociedad. Es importante para ellos que la gente conozca su trabajo no solo para valorar su esfuerzo, sino porque el contacto con personas totalmente ajenas a su ambiente les permite avanzar en otros aspectos de su formación profesional como es el desarrollo de sus habilidades comunicativas y de liderazgo.

Es en este campo donde se localiza el trabajo que aquí se presenta, que resume 6 años de colaboración entre docentes de la misma disciplina (Química), pero de muy diferentes niveles educativos (ESO y tercer ciclo de formación universitaria). Las herramientas que se describen pretenden alcanzar objetivos distintos, pero del trabajo coordinado tanto previo como posterior a los puntos de contacto entre ambos equipos resultan experiencias enriquecedoras como se describe a continuación.

2. LOS EQUIPOS DE TRABAJO

El grupo 1 es el equipo universitario integrado por investigadores del Grupo Bioelectrogenesis, perteneciente a la Universidad de Alcalá y el Instituto Madrileño de Estudios Avanzados en Agua (IMDEA Agua).

[3] Enseñanza de las ciencias en la didáctica escolar. http://enciende.cosce.org.

[4] Fundación española para la ciencia y la tecnología (FECYT). Percepción social de la ciencia y la tecnología en España 2008.

La actividad investigadora de este grupo multidisciplinar, se centra en el desarrollo de aplicaciones de las denominadas Pilas Microbianas de Combustible, para la descontaminación y la generación de energía.

El grupo 2 es el equipo docente del Departamento de Ciencias y los alumnos de cuarto curso de ESO del Colegio Sagrado Corazón de Jesús, centro concertado localizado en Alcalá de Henares.

En la *figura 1*, se muestra un diagrama en el que aparecen las diferentes actividades que llevan a cabo cada grupo. Las líneas muestran los puntos de contacto que permiten la interacción de los estudiantes de Secundaria con los de doctorado.

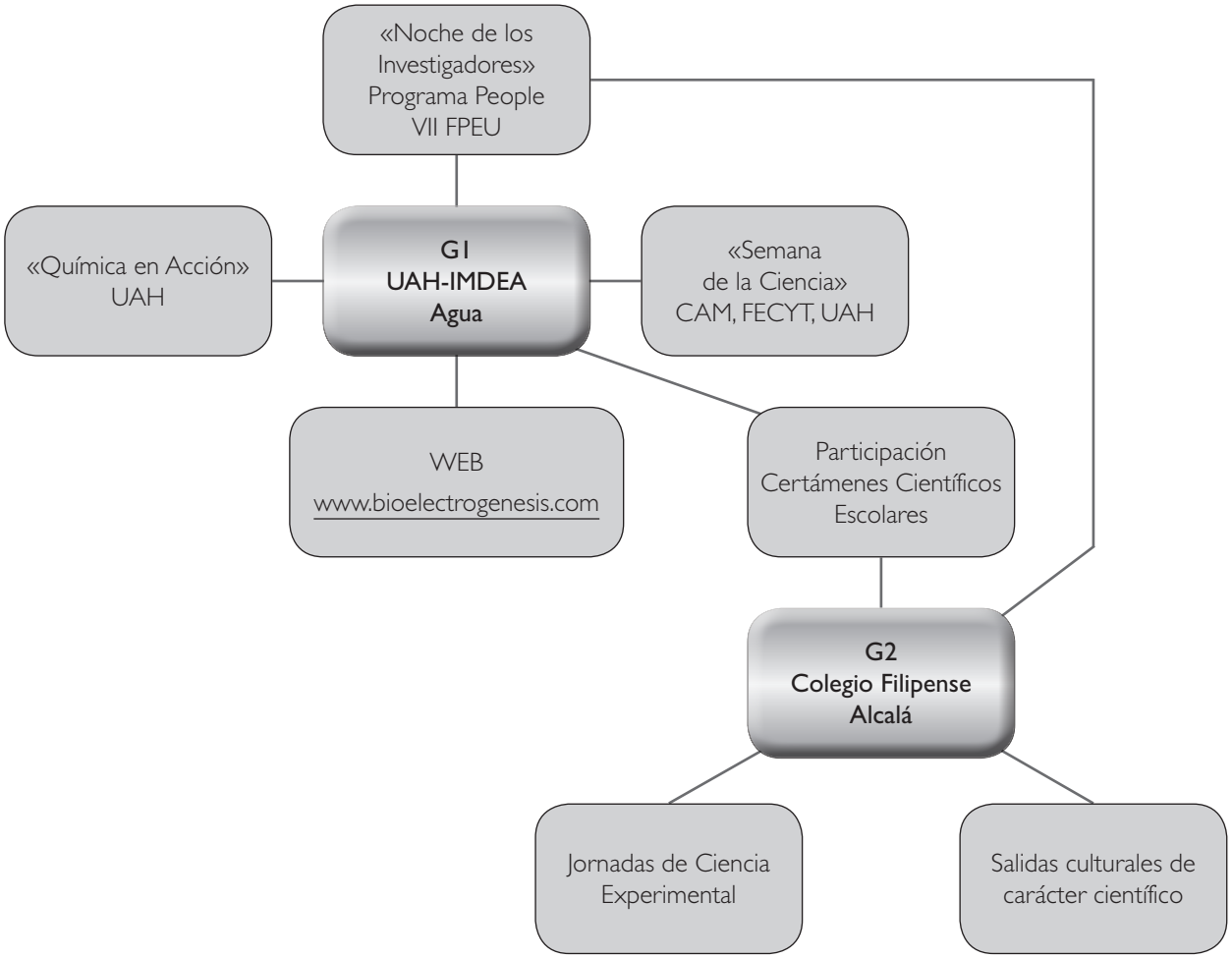


Figura 1. Actividades y puntos de interacción de ambos grupos.

3. ACTIVIDADES DEL EQUIPO UNIVERSITARIO

Los objetivos perseguidos son los siguientes:

– Incentivar habilidades comunicativas y de liderazgo en los estudiantes predoctorales

– Fomentar el trabajo en equipo

– Conectar al científico novel con la sociedad

Las acciones realizadas para ello son la organización y puesta en marcha de actividades de divulgación científica para estudiantes de Secundaria y Bachillerato que se desarrollan según se describen a continuación:

Noche de los Investigadores. Se desarrolla una noche en el Real Jardín Botánico Juan Carlos I, situado en el Campus de la Universidad de Alcalá. Los jóvenes investigadores son los que idean los experimentos que se van a desarrollar. En las reuniones periódicas del equipo, y mediante «tormenta de ideas», se recogen las propuestas, que se elaboran en conjunto, sopesando financiación y medios disponibles. Una vez definida la actividad, no es obligación de todos participar, aunque lo normal es que el trabajo previo se lleve a cabo de manera muy repartida y la presentación al público se haga con menor número de personas. Los dos años de participación en este programa han sido muy estimulantes, contándose con gran afluencia de público y repercusión en los medios de comunicación. Los asistentes son mayoritariamente familias y grupos de jóvenes, normalmente compañeros de clase que no van acompañados del profesor.

Semana de la Ciencia. Se lleva a cabo un Taller de Biotecnología. Los experimentos los hacen los alumnos visitantes, guiados por los estudiantes predoctorales en el propio laboratorio de investigación, donde siembran en placas y en matraces erlenmeyer y observan al microscopio. Al final de la visita, dejan sus cultivos en la incubadora y al día siguiente enviamos los geles al colegio para que puedan revisarlos en clase con el profesor. Los experimentos que se hacen son los mismos todos los años, pero a continuación cada doctorando que participa, explica cómo está aplicando estas técnicas en su trabajo. Es el programa en que se tiene más experiencia (desde 2005) y en concreto la colaboración con el Colegio Sagrado Corazón se realiza desde 2006.

Química en Acción. Taller de experimentos de química. Durante 3 días, se llevan a cabo sesiones de laboratorio organizadas a manera de circuito, donde los estudiantes de ESO y Bachillerato ven a los investigadores llevar a cabo experimentos muy llamativos que les son explicados en detalle. Los ensayos son siempre los mismos. La planificación se hace desde la Facultad de Química de la Universidad de Alcalá, pero la preparación y puesta en escena las realizan los jóvenes investigadores. El grupo 1 participa desde 2010. Los temas que se suelen tratar son: estados de la materia y procesos químicos de diferentes tipos: redox, aluminotermia, quimiluminiscencia, etc.

Web del grupo Bioelectrogénesis. El grupo tiene su propia página web: http://www.bioelectrogenesis.com/, donde puede encontrarse información para todos los públicos sobre su tema de trabajo y noticias sobre las actividades científicas que se llevan a cabo.

Los responsables del equipo de investigación, con un claro objetivo formador, evalúan el desempeño de los estudiantes de doctorado en el desarrollo de las habilidades que se detallan en la *tabla 1*.

Capacidades/Competencias	Indicadores	Instrumento
Habilidades comunicativas	Explicar con claridad y sencillez Mantener el interés del público	Observación directa Encuesta al público Autoevaluación
Trabajar en equipo	Adaptarse a la rutina de trabajo, normas Coordinarse para puesta en marcha de actividades, experimentos Autocrítica	Observación directa Discusión en grupo
Liderazgo	Distribuir tareas Comprometerse con el trabajo Negociar para solucionar problemas	Observación directa
Relaciones sociales	Entender lo que el público pregunta Comprender que trabaja para crear bienestar	Observación directa Entrevistas personales

Tabla 1. Competencias a desarrollar e instrumentos de evaluación del grupo 1.

La rutina de trabajo que se ha desarrollado a lo largo de estos años presenta ventajas indiscutibles para el grupo universitario. Así, dar mayor difusión a la actividad investigadora del grupo ha permitido incrementar considerablemente la financiación en los últimos 3 años para llevar a cabo proyectos de investigación. A su vez, el grupo ha crecido en número de investigadores, detectándose también una mayor cohesión entre los integrantes. En lo que respecta a los estudiantes predoctorales, y valorando la información en conjunto, se puede indicar que existe una mejora en la capacidad de explicar su trabajo, filtrando la información relevante y adaptándola al nivel del público. Mejora también la coordinación, sobre todo en la capacidad de distribución de tareas y agilidad para resolver problemas. Los jóvenes tienen mayor motivación, ya que consideran que lo que hacen interesa a la sociedad.

Entre los inconvenientes detectados, se debe resaltar el incremento del gasto, puesto que la financiación de las actividades de divulgación es siempre escasa y el grupo debe destinar fondos propios para llevarlas a cabo. Para los investigadores, la puesta en marcha de estas acciones de difusión representa una sobrecarga de trabajo importante. De hecho, algunos consideran que les hace perder tiempo, aunque nadie está obligado a participar.

4. ACTIVIDADES DEL GRUPO ESCOLAR

En relación al grupo 2**,** los objetivos perseguidos por los docentes son:

– Despertar interés por descubrir la utilidad de la ciencia y la tecnología

– Facilitar la comprensión de las bases del conocimiento

– Despertar vocaciones científicas

Desde el Departamento de Ciencias del Colegio Sagrado Corazón de Jesús, se plantean varias actividades a un grupo de 4.º de ESO que cursan la asignatura de Física y Química. La actividad sobre la cual se dispone de más experiencia es el Taller de Biotecnología, que implica la realización de una serie de etapas para conseguir el máximo aprovechamiento. Dichas etapas son las siguientes:

1) Preparación de la visita:
   a) Los alumnos rellenan una pequeña encuesta en la que valoran a la ciencia y a los científicos, con bastante anterioridad a la visita y sin indicar ninguna relación con ella.
   b) Poco antes de la visita se explica la misma, dónde van, a quién se van a encontrar, qué van a hacer…
   c) Introducción de contenidos conceptuales que se van a abordar durante la visita.
   d) Entrega de una ficha en la que a través de preguntas sencillas figuran los puntos claves a los que tienen que prestar atención. En esta ficha no solo aparecen preguntas sobre contenidos conceptuales, también aparecen en un porcentaje elevado preguntas sobre el entorno, ambiente de trabajo, disposición, motivación y satisfacción de los estudiantes predoctorales.

2) Visita:
   a) Breve exposición por parte del profesorado universitario de quiénes son y qué hacen.
   b) En grupos reducidos, los estudiantes pre-doctorales explican una práctica concreta, al ser grupos muy reducidos se favorece la comunicación entre ambos grupos de estudiantes.
   c) Los alumnos de ESO guiados por los estudiantes pre-doctorales realizan la practica.

3) Posterior a la visita:
   a) En una sesión de aula se ponen en común las preguntas conceptuales y las experiencias captadas por los alumnos que contenía la ficha. El profesor guía el debate para que el alumno saque sus conclusiones sobre cómo es el mundo del científico y cuál es su importancia.

b) En los exámenes se introducen preguntas sobre conceptos y técnicas aprendidas en la visita.

c) Muy posteriormente y aprovechando las encuestas que desde la tutoría y el gabinete de orientación del centro se llevan a cabo, se valoran las preferencias profesionales y los intereses de los alumnos para estudios posteriores, especialmente universitarios en la rama de ciencias.

En los estudiantes de ESO, es difícil realizar una medida de una variable que en principio es no cuantificable y subjetiva como son:

– el grado de interés de los alumnos de la ESO por la actividad científica propuesta;

– su aptitud en asignaturas de perfil científico.

Buscando mecanismos para recoger información, más allá de las típicas encuestas que los alumnos contestan en las visitas, se ha elaborado una serie de indicadores que permiten al profesor recoger información relevante y que se resumen en la *Tabla 2*. Esta información ha sido elaborada en base al trabajo presentado por el Departamento de Educación Superior de la Universidad de Massachusetts en 2011[5].

Objetivos	Indicadores	Estrategia de evaluación
Interés/motivación	Curiosidad. Excitación/entusiasmo. Diversión.	Fácil de medir para cada actividad. Observación directa.
Aptitud/vocación	Deseo de convertirse en científico. Implicación en clase/actividades. Sentirse capaz de comprender y formar parte de la comunidad científica. Ansiedad frente a ciencias.	Requiere más tiempo. A lo largo del curso. Tutorías: cuestionarios sobre sus intereses profesionales, gustos. Nivel de participación en actividades propuestas (certámenes y jornadas).
Adquisición de conceptos	Calificaciones en asignaturas relacionadas (química, física y biología).	Exámenes. Trabajos.

Tabla 2. Objetivos perseguidos por el equipo docente de Secundaria.

A lo largo de los seis años en los que se ha realizado esta actividad se observa una magnifica disposición y un aumento de interés notorio frente a las actividades realizadas dentro del colegio. El alumno abiertamente manifiesta que le resulta más interesante esta actividad que otras desarrolladas en el ambiente escolar.

Como media de todo el período indicado, la valoración que los alumnos hacen de la importancia de la ciencia y los científicos aumenta de un 6 en la encuesta antes de la visita a un 7,5 (ambas sobre un máximo de 10) de la encuesta posterior a la visita. Debe indicarse que en 4.º de ESO, la asignatura de Física y Química no es obligatoria, con lo que se trata de un grupo inicialmente motivado hacia estas disciplinas.

La participación en otras actividades como certámenes científicos es un indicador que merece la pena resaltar. Antes de 2006, los alumnos no se presentaban a estos concursos, pero desde 2009 existe participación que podría calificarse de exitosa.

Dada la buena disposición de los alumnos, y la demanda ejercida sobre aspectos científicos, se ha puesto en marcha este año una nueva actividad: las jornadas de ciencia experimental. Los alumnos proponen y desarrollan experimentos que luego llevan a cabo para la comunidad educativa del centro.

[5] Massachusetts Department of Higher Education. University of Massachusetts. Increasing Student Interest in Science, Technology, Engineering, and Math (STEM), 2011.

No obstante, es conocido por este departamento que un porcentaje significativo cambiaba de orientación al iniciar los estudios de Bachillerato. Desde que comenzó a realizarse esta actividad, esta migración ha disminuido frente a años anteriores cuando no se llevaba a cabo. La media anterior se encontraba en un 20%, frente a un 16% de los últimos 6 años.

En lo referente a la adquisición de conceptos, el 96% de los alumnos responde correctamente a las preguntas que se les hace acerca de los contenidos relacionados con lo que han visto.

5. ALGUNAS RECOMENDACIONES

Establecer la figura del SOCIO CIENTÍFICO para que la clase de física y química, matemáticas o biología, tenga un contacto más directo y continuado con los investigadores.

Que este contacto se establezca a través del profesor y que permita a los alumnos mejorar la calidad de sus trabajos accediendo a mejores fuentes de información. Aumentar el número de actividades en el laboratorio, etc.

El SOCIO CIENTÍFICO puede ser un grupo de investigación o un departamento que se comprometa a atender/acoger a los jóvenes. La puesta en marcha de esta figura requiere llegar a acuerdos entre centros, de forma que el esfuerzo y dedicación que llevan a cabo los docentes de ambos niveles educativos sea tenido en cuenta.

El SOCIO CIENTÍFICO debe cambiarse, así tendrían una visión más amplia. Por ejemplo: en tercer curso con un grupo y en cuarto curso con otro.

El contacto con los equipos de investigación debe ser regulado, dosificado y supervisado por el centro.

Proyecto Bioenglish I: mejora del nivel de inglés científico en la asignatura de Biología en 4.º de ESO

José María Espinosa Gutiérrez*[1,2], Ana Vanessa Hernández Rodríguez[1] y Patricia Sánchez-Villacañas Pérez[1]

*C/ Verodes n.º 36, Tabaiba; 38190 El Rosario; S/C de Tenerife. Tfno.: 660045132.
jomaesgu@ull.es

Palabras clave: Biología y Geología, Inglés, 4.º ESO, bilingüismo, trabajo divertido.

Keywords: Biology and Geology, English, 4th Grade, bilingualism, funny work.

Resumen

En la presente ponencia se explica el proyecto **BIOENGLISH I** y se exponen los resultados obtenidos. Este trabajo fue llevado a cabo durante el curso 2010/2011 con 97 alumnos de 4.º de ESO (cuatro *clases*). Al comienzo del curso, se realizó un test para evaluar los conocimientos previos de que disponía el alumnado sobre el vocabulario específico de la asignatura de Biología y Geología de este curso.

Durante el año académico, se dedicó una sesión semanal –de las tres de que dispone la asignatura– a trabajar los conceptos y el léxico aprendido previamente en castellano y en inglés. Para ello se utilizaron multitud de recursos, que se comentarán más adelante.

Al final del proceso de evaluación ordinaria, se llevó a cabo un test de similares características al inicial, comparándose estadísticamente los resultados. Se observa un incremento sustancial en los conocimientos adquiridos de la lengua anglosajona que nos permiten afirmar el éxito del proyecto que esperamos continuar en cursos posteriores, así como hacerlo extensible a más niveles. Creemos que ha sido un pequeño gran paso hacia el bilingüismo real.

Abstract

In this study we show the project BIOENGLISH I and we illustrate the results. The project was made during the 2010/2011 academic year with 93 pupils of 4th degree (Spanish Educational System) (four classes). When the pupils started the year, they made a preliminary test about the specific vocabulary of Biology and Geology subject.

[1] CPEIPS Cisneros Alter.

[2] Departamento de Biología Animal (UDI Ciencias Marinas), Facultad de Biología (ULL). Tenerife, España.

During the year, they had a Science-English class per week (They usually have three lessons per week). In this type of lessons they work with different tasks about the specific science-Spanish lexicon learned before. The different tasks will be exposed in the paper classified by units.

At the end of the academic year a similar test on specific vocabulary was done, making a statistic study about it. Pupils showed us an enormous knowledge increase in Specific vocabulary. We are pleased to say that the objectives of the project were achieved so we think we are ready to export this type of work to other years. This was a drop in the ocean for a real bilingual educational system but we hope it will work!

Introducción

El equipo directivo de nuestro centro educativo nos propuso, a finales del curso 2009/2010, estudiar la viabilidad de impartir las clases de Biología en inglés. Tras esta proposición, que recibimos con los brazos abiertos, nos dispusimos a estudiar el proyecto.

Tras varias reuniones se decidió que empezaríamos por 4.º de la ESO, dada su madurez y ganas de aprender. En general, los cuatro cursos de este nivel destacaban por sus excelentes notas, exquisito comportamiento e implicación en todas las actividades extraescolares del Centro.

La asignatura a impartir en inglés sería la de Biología y Geología, ya que el profesor que la imparte dispone de nivel B2 del Consejo Europeo de este idioma. No había ningún alumno con un nivel igual o superior a este, aunque a finales del curso, dos de ellos obtuvieron el *First Certificate* de la Universidad de Cambridge, nivel B2.

Con la ayuda del Gabinete Psicopedagógico y de Orientación del Centro Educativo y del Departamento de Inglés, se adaptaron las programaciones de la asignatura de Biología y Geología de 4.º ESO a la nueva realidad. Se decidió impartir las clases de manera normal, en español, y dedicar una sesión de las tres semanales a trabajar los contenidos en inglés. Se empezó a usar esta sesión semanal a partir de octubre.

Durante las otras dos clases se intentaba usar el inglés, para que los alumnos fueran perdiendo el miedo a expresarse en esta lengua. Para ello, se ponía la fecha en el idioma anglosajón, se usaban expresiones sencillas: tareas (*tasks*), tareas para casa (*homework*), ejercicios (*exercises*), etc. Incluso en una de las clases en las que uno de los autores era tutor, se introdujo más vocabulario adornando las paredes de la clase con pósters sobre la materia en inglés e indicando todo lo posible en este mismo idioma.

Material y métodos

Nada más comenzar el curso se programaron todas las sesiones que se iban a impartir en inglés. También se decidió que las tareas llevadas a cabo en este idioma fueran tomadas en cuenta a la hora de evaluar al alumnado, pero solo para incrementar su nota, nunca para disminuirla. Se decidió hacer esto al no ser nuestro centro un Centro Bilingüe.

De manera interdepartamental, programamos todas y cada una de las sesiones del curso, incluyendo las actividades, sesiones prácticas, ejercicios de conocimientos y salidas extraescolares. *La programación debe estar preparada, interiorizada y estudiada antes del comienzo del curso. Deben estar perfectamente indicados la temporalización, actividades, criterios de evaluación, etc.*[3]

Todas las actividades propuestas y llevadas a cabo, así como los exámenes, eran corregidos conjuntamente por el profesor titular de la asignatura de ciencias y la profesora de inglés. Cabe destacar el altísimo grado de compenetración entre los dos Departamentos al final del curso.

---

[3] Espinosa, J. María (2010). Alumnos de Altas Capacidades y las NTIC en Libro de Actas del Congreso Internacional Virtual de Educación CIVE 2010, Universidad de Las Islas Baleares, CD-ROM.

Las actividades eran diseñadas de forma abierta. Se trataba de que el alumnado pensara y desarrollara sus propias teorías, de favorecer el pensamiento divergente; intentando no guiarles hacia la consecución de un único objetivo. *Lo más importante en el diseño de este tipo de cursos y talleres es facilitarles la oportunidad para investigar y desarrollar su curiosidad científica desde el punto de vista del pensamiento divergente; es decir, no establecer cuestiones cerradas, sino totalmente abiertas, de tal manera que la puntuación de la corrección no esté en el hecho en sí, sino en su argumentación.*[4]

Pasado el periodo vacacional de Navidad, se decidió incrementar un poco el nivel, ante la buena acogida del proyecto. Los alumnos podían, siempre que así lo quisieran, hacer parte de las pruebas orales (*speakings*) en inglés e incluso hacer la tarea en inglés. Se lo tomaron como un juego que, en muchos casos, involucraba a sus padres o tutores en casa.

Desde estas fechas (enero-febrero), se empezó a conseguir que una parte del alumnado comenzara a usar el idioma fuera del aula, en el patio, en los pasillos, comedor… cuando se dirigía al profesor de Biología. Poco a poco iban perdiendo el miedo a usarlo. Ese era uno de los objetivos prioritarios del proyecto.

La metodología didáctica fue bien sencilla. Se impartían los contenidos curriculares en español y, luego, una vez trabajados, entendidos e interiorizados, se explicaban en inglés. Se usaban actividades de comprensión lectora, de desarrollo, de tipo test, etc. Con esto se conseguía que un alto índice del vocabulario español aprendido, también lo fuera en inglés.

Se hizo, al igual que en su idioma materno, un control de conocimientos por cada unidad didáctica impartida. Tal y como mencionamos, solo se usaban para incrementar la nota del alumno, nunca para disminuirla.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se llevó a cabo un test inicial de 40 preguntas referente al vocabulario y expresiones propias de la asignatura. Los resultados obtenidos se muestran en la *Figura 1*. Se agruparon los alumnos en cuatro categorías: de 0 a 10 respuestas acertadas, de 11 a 20, de 21 a 30 y de 31 a 40.

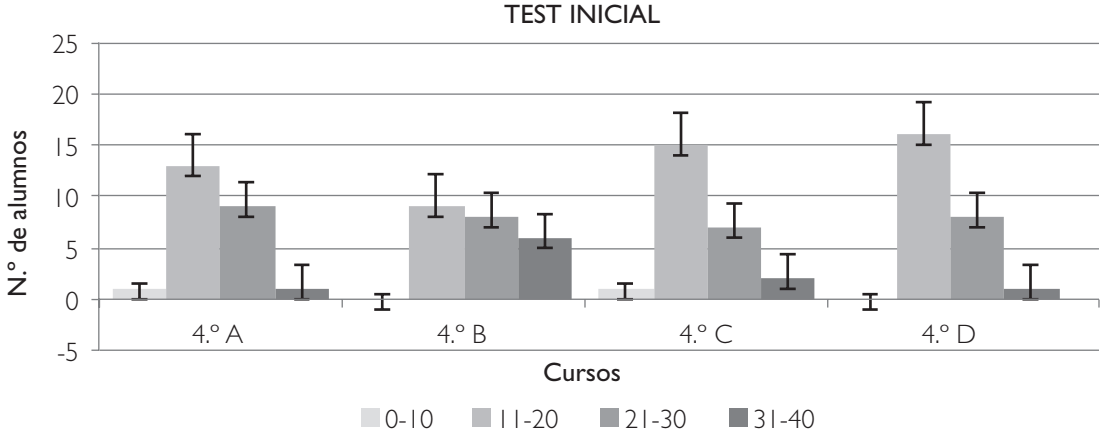


Figura 1. Resultados obtenidos en el test inicial. ESPINOSA (2011).

El trabajo fue muy duro al principio del curso porque tuvimos que desarrollar las programaciones, tal y como dijimos, en los dos idiomas y preparar todas las actividades de las distintas unidades didácticas. Pero mereció la pena. Tal y como se muestra en la *Figura 2*, al pasar un test similar al que se pasó al principio de curso, pero esta vez en junio, se obtuvieron unos resultados extraordinarios.

[4] ESPINOSA, J. María (2011) *et al.*, El Programa Moddle, las Ciencias Naturales aplicadas y los alumnos de Altas Capacidades en Investigación y didáctica para las aulas del siglo XXI: Actas del I Congreso de Docentes de Ciencias Naturales, Ed. Santillana.

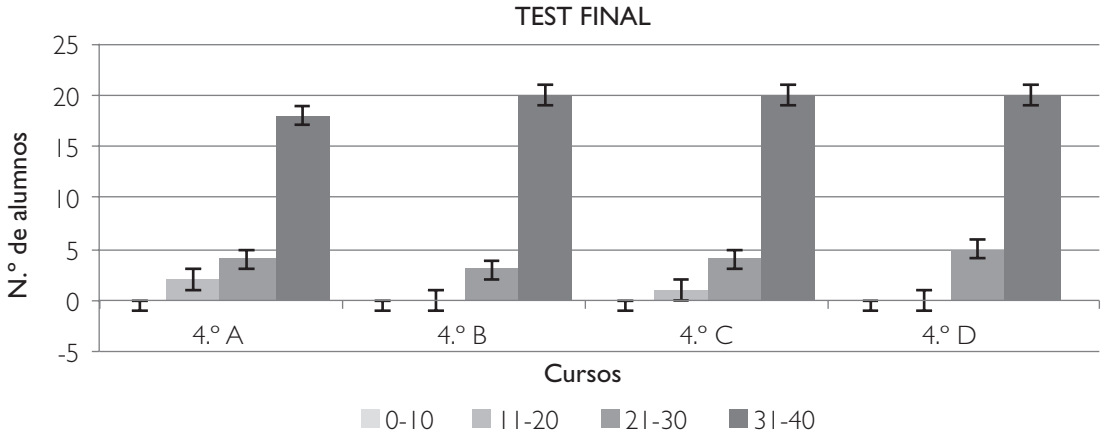


Figura 2. Resultados obtenidos en el test final. ESPINOSA (2011).

Si analizamos las preguntas del test (ver *Figura 3*), se observa un incremento notable en todos los resultados, llegando incluso al 100% de aciertos en 11 de las 40 preguntas planteadas. *Una de las formas de evaluar los conocimientos adquiridos durante un curso es la realización de test inicial y final. Deben estar cuidadosamente diseñados, para que sea posible su posterior tratamiento estadístico. Espinosa, J. María (2010)*.

Se encontró diferencia significativa entre el antes y el después de la aplicación del Programa Bioenglish ($X^2 = 0.125$, $p > 0{,}05$, $N = 97$).

Con esto se denota que el alumnado ha adquirido los distintos conceptos en los dos idiomas. De hecho, durante este curso el profesorado de idiomas de Bachillerato ha manifestado que han notado un sustancial incremento en el vocabulario técnico-científico de los pupilos. Así como una notable fluidez en los orales. *Han perdido el miedo a usar el idioma*, nos manifiestan.

Para los próximos cursos nos gustaría continuar con esta línea, ampliando cursos donde hacerlo y, sobre todo, asignaturas. Es un trabajo que nos llevará nuestro tiempo porque implica a muchos departamentos y a un profesorado muy heterogéneo, pero creemos que en menos de media década, nuestros alumnos podrían tener un 40-50% de los contenidos de las asignaturas de ciencias en inglés.

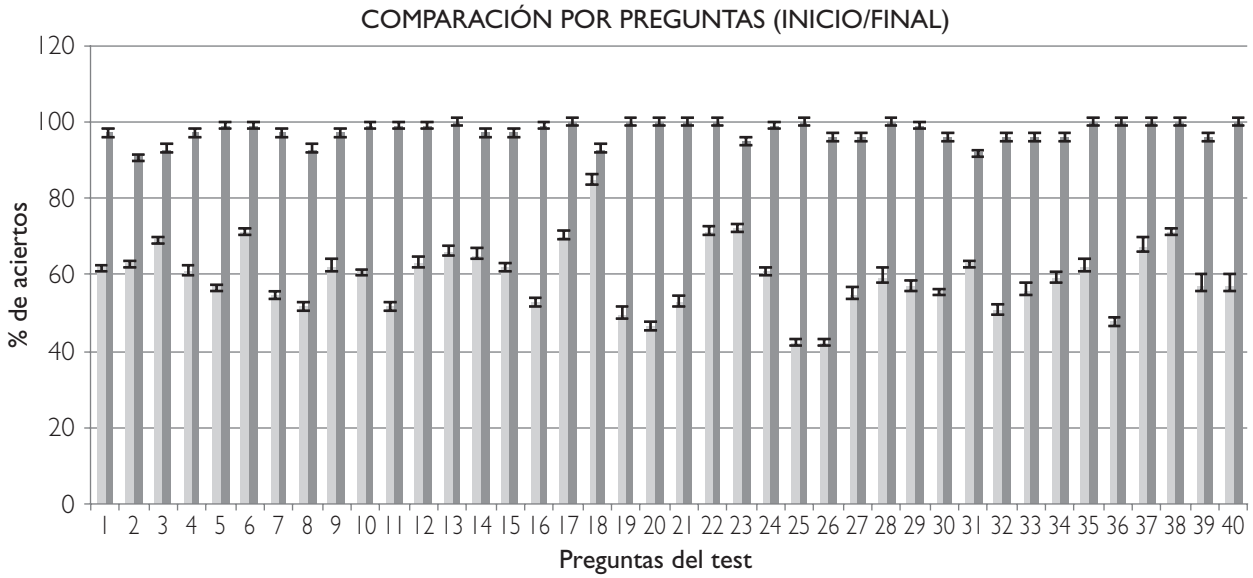


Figura 3. Gráfico de comparación de preguntas. ESPINOSA (2011).

Agradecimientos

Queremos agradecer al equipo directivo del centro la confianza depositada en nosotros. Esperamos mantener esta para poder ampliar el proyecto.

Así mismo, agradecemos a los Departamentos de Idiomas y de Ciencias el trabajo llevado a cabo. Han sido horas y horas de reuniones, correcciones, reprogramaciones, discusiones… pero al final ha valido la pena.

Especialmente a las dos coautoras de este artículo, por su paciencia, ánimo y confianza. Su capacidad de trabajo ha sido descomunal y ha tenido sus frutos.

Bibliografía

Espinosa, J. María (2010). Alumnos de Altas Capacidades y las NTIC. En POLO, P. (coord.), Libro de Actas del Congreso Internacional Virtual de Educación CIVE 2010, Islas Baleares, Universidad de Las Islas Baleares, Ed. Universidad de Las Islas Baleares, CD-ROM.

Espinosa, J. María (2011). El Programa Moddle, las Ciencias Naturales aplicadas y los alumnos de Altas Capacidades. En González Montero de Espinosa, M. (coord.), Investigación y didáctica para las aulas del siglo xxi: Actas del I Congreso de Docentes de Ciencias de la Naturaleza, Ed. Santillana.

Dirección editorial: Antonio Brandi.

Dirección de arte: José Crespo.

Jefe de desarrollo de proyecto: Javier Tejeda.

Dirección técnica: Ángel García Encinar.

Confección y montaje: Luis González.

Corrección: Juan David Latorre.

© 2013 de la obra completa,
Marisa González Montero de Espinosa,
Alfredo Baratas Díaz y Antonio Brandi Fernández

Servicios editoriales y maquetación
Santillana Educación, S. L.
Avenida de los Artesanos, 6.
28760 Tres Cantos, Madrid
PRINTED IN SPAIN

ISBN: 978-84-680-1580-4
CP: 498204
Depósito legal: M-7539-2013

Todas las imágenes que se incluyen en esta obra han sido aportadas por los autores de cada uno de los trabajos. La responsabilidad de su publicación corresponde única y exclusivamente a dichos autores.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.